



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



3 3433 06635683 7



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

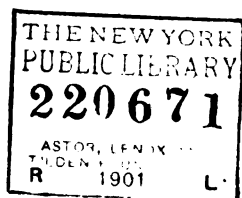
3^e SÉRIE

TOME XIII

1899

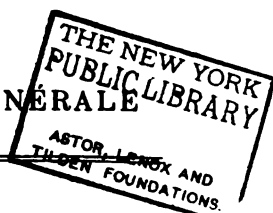


SAINT-ETIENNE
AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ



Nov 1901
220671
v. 1

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE



TRAITEMENT DES QUARTZ AURIFÈRES ✓

Par M. F. COIGNET, ingénieur civil.

(SUITE ET FIN)

CHAPITRE VI.

EXEMPLES DE TRAITEMENT

Les exemples de traitement donnés dans ce chapitre seront divisés en 3 paragraphes :

§ 1. Minerais dont la presque totalité de l'or est amalgamable.

§ 2. Minerais demi-réfractaires, dont une proportion assez grande de l'or est amalgamable.

§ 3. Minerais complètement ou pratiquement réfractaires à l'amalgamation.

§ 1. — Minerais dont l'or est facilement amalgamable.

A. CALIFORNIE (Etats-Unis).

a. District de Grass-Valley (comté de Nevada)

Gisements. — Les nombreux filons aurifères de Grass-Valley gisent dans le granite ou dans des schistes plus ou moins métamorphisés.

Le granite passe souvent, sans transition bien marquée, aux variétés syénitique et dioritique. Les filons qu'il contient, dont quelques-uns ont été très riches, comme par exemple celui d'Allison's ranch, sont irréguliers comme teneur, et plusieurs s'appauvrissent ou même disparaissent à une certaine profondeur.

Les schistes les moins altérés sont noirs, compacts, très durs, et se chargent parfois d'une grande quantité d'amphibole noire. Ils sont souvent stéatiteux et talqueux, et passent insensiblement à la serpentine ou à des porphyres amphiboliques. Près des filons, les schistes contiennent fréquemment des cristaux cubiques de pyrite de fer pauvre en or. Enfin, dans quelques cas, les filets quartzeux intercalés dans les strates, ont donné lieu autrefois à des exploitations très fructueuses, comme par exemple à la mine Rocky-Bar.

Le quartz aurifère riche se distingue par ses facettes brillantes. Il est traversé parallèlement aux épontes, par des veinules talqueuses, verdâtres, imprégnées de cristaux microscopiques de pyrite très aurifère ; c'est dans ces lits talqueux que, même à une profondeur assez grande au-dessous des eaux permanentes, on trouvait jadis de belles lamelles et de beaux échantillons d'or natif. Quelquefois, le quartz est blanc, à larges clivages avec de gros cristaux enchevêtrés, contenant de la pyrite de fer à facettes striées, caractère presque général des pyrites aurifères riches en Californie.

Dans certains filons, comme par exemple à la jadis fameuse mine Eureka, on trouve près des affleurements du chlorure et du phosphate de plomb. La galène et la pyrite de cuivre sont assez rares ; la chaux carbonatée l'est encore davantage ; le mispickel est plus abondant ; c'est la pyrite de fer qui représente la presque totalité des sulfures.

Tous les minerais du district de Grass-Valley sont

extrêmement durs. Leur teneur moyenne est d'environ 12 grammes d'or à la tonne, avec très peu d'argent ; l'or n'est pas à un grand état de division.

Presque tous les filons exploités depuis longtemps, ont été quelquefois très riches aux affleurements ; cette richesse s'est maintenue jusqu'à 100 mètres de profondeur et souvent davantage, mais elle a ensuite diminué progressivement ; par contre, la puissance des filons a augmenté. Pour ne citer qu'un seul exemple des anciennes mines encore en exploitation, nous dirons qu'à Ophir, les minerais qui, il y a une trentaine d'années, rendaient fr. 165 d'or à la tonne, ne donnent actuellement que fr. 40 à 45. L'augmentation de la puissance des filons, les progrès réalisés dans le traitement, ont compensé dans une certaine mesure l'appauvrissement du quartz, en sorte que le district de Grass-Valley est toujours le plus prospère de Californie.

Conditions de marche des moulins. — Les conditions de marche des principaux moulins des environs de cette ville, sont réunies dans le tableau suivant. Nous décrirons sommairement ces usines, à l'exception de celle d'Idaho qui est très ancienne (1).

(1) Une partie des renseignements qui suivent concernant les usines, sont tirés de l'ouvrage : *The Stamp Milling Gold of Ores*, par T. A. Rickard. New-York et Londres. 1897.

	NORTH- STAR	EMPIRE	W.Y.O.D.	IDAHO	MOYENNE
Nombre de pilons	40	40	10	40	"
Poids des pilons	385	385	340	385	374
Nombre de coups par minute	84	93	90	95	90
Hauteur de chute	478	478	452	478	471
— de décharge	101	104	127	101	108
Mineral broyé par pilon et par 24 heures..... kilos..	1.451	1.360	1.542	1.814	1.541
Capacité du moulin par jour..... tonnes	58	54,4	45,4	72,5	"
Travail développé pour broyer 1.000 k. de mineral. chev.-vap.	0,87	1,03	0,67	0,80	0,82
	Tôle étamée perforée.	Tôle étamée perforée.	Tôle étamée perforée.	Fils de bronze.	"
Nature	0,61	0,61 à 0,43	0,43	0,43	"
Diamètre ou côté des orifices	30	30 à 40	40	40	"
Numéro correspondant des toiles métalliques ...	24	15	44	41	16
Durée	174	102	108	100	121
Tonnes broyées pendant le service	3	2,25	2,5	1	2,18
Schlichs } Proportion pour 100 de mineral	344	458	373	487	465
produits } Valeur nette par tonne..... francs ..	24	16,5	19	22	20,75
Mercurc consommé par tonne de mineral..... grammes	18,16	18,16	13,62	14,75	16,47
Eau totale consommée par pilon et par minute.... litres....	18	19	12	13	15,50
— pour 1 de mineral	40	40	38	42	40
Or obtenu pour 100 d'amalgame	851	820	850	840	840
Titre des lingots..... millièmes					

North-Star (moulin de). Minerai. — La roche encaissant le filon est formée de schistes serpentineux, plus ou moins compacts et de porphyres amphiboliques. Elle est quelquefois fendillée près des épontes et contient des cristaux de pyrite pauvre en or. Le quartz a tout les caractères physiques des minerais riches et de teneur régulière. Parmi les sulfures, la pyrite de fer domine ; elle est un peu arsénicale ; la pyrite de cuivre est en très petite quantité ; la galène et la blende sont rares ; le minerai est extrêmement dur.

L'usine a été construite en 1886 ; depuis cette époque on y a apporté des modifications avantageuses ; elle est située près du puits d'extraction.

Moteur. — Le moteur est l'eau que l'on achète à l'une des nombreuses compagnies qui ont construit jadis des canaux très longs pour l'amener aux placers travaillés par la méthode hydraulique. Trois roues Pelton actionnent séparément les concasseurs, le bocard et les concentrateurs : les transmissions intermédiaires sont faites par des câbles en fils de Manille, de 3,8 centimètres de diamètre.

Concassage. — Le minerai arrivant de la mine, tombe sur 8 grilles inclinées à 40 degrés, de 3^m,60 de longueur, dont les barreaux sont écartés de 5 centimètres. Les menus vont directement aux trémies du bocard, et les gros dans 3 magasins situés au-dessus de 3 concasseurs Blake, à mâchoires de 0^m,381 de long et écartées de 0^m,228. Un canal en tôle partant de chaque magasin débouche dans le concasseur correspondant ; un rouleau distributeur, mu par un rochet sert à l'alimentation qui est réglée par l'ouverture plus ou moins grande d'une porte. Le minerai concassé à la grosseur de 5 centimètres, tombe dans les tré-

mies du bocard et de là dans 8 distributeurs Henry Challenge.

Bocard. — Le bocard comprend 40 pilons divisés en 8 batteries de 5 pilons chacune.

Mortiers. — Au niveau de la décharge, les mortiers ont une longueur de 1^m,314 et une largeur de 0^m,444. Ils n'ont qu'une plaque argentée à l'avant, de 0^m,114 de large, vissée sur un *chuck-block* incliné à 45 degrés.

Pilons. — Le poids des pilons est de 385 kil., celui des différentes pièces est :

Flèche.....	162 kil.	soit p. %	42
Mentonnet.....	51 —	—	13
Tête.....	103 —	—	27
Sabot... ,.....	69 —	—	18
Totaux.....	385 —	--	100

Sabots et dés. — Les sabots sont en acier chromé venant de Brooklyn (New-York) ; leur hauteur est de 0^m,203, leur diamètre de 0^m,228 et la longueur de la queue 9,8 centimètres. Neufs, ils pèsent 68^k,85 et 21^k,74 quand ils sont hors de service ; soit une usure de 206 grammes par tonne ; ils durent 143 jours. L'acier chromé revient à fr. 74 les 100 kilos ; les rebuts sont vendus aux fonderies locales à raison de fr. 17,20 ; la dépense par tonne de minerai broyé est donc de fr. 0,21. Les sabots usés sont ajoutés à la fonte des vieux dés, de sorte que les nouveaux dés contiennent 20 p. % d'acier. La hauteur des dés est de 0^m,127, celle de l'embase 3,2 centimètres et leur diamètre 0^m,228. Neufs, ils pèsent 43^k,13 et 20^k,38 quand ils sont hors de service, ce qui représente une consommation de 248 grammes de métal par tonne de minerai broyé ; ils durent 55 jours. Les dés coûtent fr. 51,60 les 100 kil.

et les rebuts sont vendus au même prix que les vieux sabots ; la dépense est donc de fr. 0,24 par tonne et la consommation totale de métal est de 455 grammes par tonne de minerai broyé, représentant une dépense de fr. 0,459. On est très satisfait de l'emploi de l'acier chromé pour les sabots, et de la fonte aciéreuse pour les dés ; ces pièces s'usent très régulièrement.

Ordre de chute. — L'ordre de chute pour chaque batterie indépendante est : 1. 4. 2. 5. 3.

Hauteur de chute. — La hauteur de chute varie de 0^m,152 à 0^m,203 ; la moyenne est 0^m,178. Le nombre de coups par minute est de 82 à 85 ; les pilons frappent 5 fois pour une révolution complète.

Hauteur de décharge. — La hauteur de décharge varie de 0^m,051 à 0^m,152 ; on ne prend aucune disposition pour la régulariser, au grand détriment de la marche du bocard.

Tamis. — Les tamis sont en tôle étamée perforée d'orifices circulaires, dont le diamètre est de 0,61 millimètre, correspondant au n° 30 des toiles métalliques.

Capacité de broyage. — Chaque pilon broie en moyenne 1451 kil. par 24 heures, ce qui fait 58 tonnes pour le moulin ; le travail mécanique développé pour broyer une tonne de minerai, est de 0,87 cheval-vapeur.

Amalgamation. — Elle se fait principalement dans le mortier en ajoutant 15 à 60 grammes de mercure par batterie et par heure, suivant la richesse du minerai.

A la sortie d'une batterie, la pulpe tombe sur une plaque de cuivre argenté fixée à une caisse en fonte boulonnée au mortier ; sa longueur est de 1^m,251 et sa

largeur de 0^m,457 ; elle est terminée par un conduit dont le fond est percé de 8 orifices circulaires de 2 centimètres de diamètre. La pulpe passant par ces ouvertures, se répartit également sur une plaque en cuivre argenté nommée *apron* — *tablier* — placé à 8,9 centimètres au-dessous, de 1^m,327 de large et de 0^m,75 de long, puis après une nouvelle chute, elle arrive sur une série de plaques de cuivre argenté de 3^m,915 $\times$ 1^m,068. Toutes les plaques sont en cuivre de 3,4 millimètres d'épaisseur, argenté électrolytiquement, à raison de 344 grammes d'argent par mètre carré ; leur pente est de 8 p. %.

Tous les matins, on récolte l'amalgame déposé sur les plaques extérieures, puis on les dresse avant de remettre en marche ; celui de la plaque intérieure du mortier n'est enlevé qu'au moment du nettoyage général, c'est-à-dire tous les 15 jours.

Concentration. — En sortant des plaques argentées, la pulpe est distribuée sans classement, sur 4 Frue-Vanners et 12 Triumph(1), soit 2 appareils par batterie ; chacun d'eux reçoit donc 3628 kil. de minerai broyé par 24 heures. Au moulin North-Star, comme ailleurs, on trouve que les Frue-Vanners sont plus faciles à conduire, et qu'ils exigent moins de main-d'œuvre que les autres machines à toile sans fin. Le nombre des secousses varie de 200 à 230 par minute.

On recueille en moyenne 3 p. % de pyrite, dont la valeur nette est d'environ 344 francs par tonne ; les schlichs sont vendus aux ateliers de chloruration locaux, qui paient environ 90 p. % de l'or indiqué par l'essai, — l'argent étant négligeable — sous déduction de fr. 91,73 par tonne, pour frais de traitement et de transport.

(1) Variété de Frue-Vanners.

Nettoyage général (clean-up). — Les sables et les fragments de minerai retirés des mortiers, sont lavés à la batée, et les morceaux de fer enlevés au moyen d'un aimant. Les produits riches obtenus, sont porphyrisés dans un petit pan de 0^m,711 de diamètre et d'une profondeur de 0^m,228. Le faux fond a une épaisseur de 5,1 centimètres, et l'on ajoute une faible quantité de mercure pour dissoudre l'or libéré.

L'amalgame des plaques est lavé à l'eau chaude, tandis que les résidus du pan sont mis, sans mercure, dans un tonneau de 0^m,60 de diamètre et de 1^m,428 de long. On ajoute de l'eau froide avec de vieux boulons et écrous, dans le but de continuer la porphyrisation, mais il n'est pas atteint, et l'on produit du mercure fari-neux qui, comme on le sait, occasionne des pertes en or. Le tonneau fait 16 révolutions par minute.

Amalgame. — L'amalgame provenant des mortiers, représente en moyenne les deux tiers de la totalité ; il contient 47 p. % d'or et celui des plaques, 34 p. %. Il est retorté, et le métal brut est fondu, puis lingoté. Les lingots sont au titre de 850 millièmes.

Mercure consommé. — La consommation de mercure est de 24 grammes par tonne de minerai broyé.

Eau consommée. — L'eau consommée pour le broyage et le lavage, est de 18,16 litres par pilon et par minute, soit 18 d'eau pour 1 de minerai.

Rendement. — Des essais poursuivis pendant 18 mois, ont montré que le rendement total, y compris l'or retiré des pyrites, varie de 82 à 94 p. %.

Frais spéciaux de traitement. — Pendant les années 1888, 1889 et 1890, on a broyé 47.352 tonnes de minerai, c'est-à-dire une moyenne de 15.784 tonnes par an. Les frais de traitement se répartissent comme suit :

Eau motrice et de lavage.....		1 ^t 75
Main-d'œuvre :		
Concassage	0 27	} 1 85
Broyage et amalgamation.....	0 76	
Concentration.	0 82	
Fournitures :		
Sabots et dés.....	0 50	} 1 03
Mercure	0 20	
Pièces de fonte diverses.....	0 09	
Tamis	0 05	
Diverses.....	0 19	
Frais spéciaux de traitement par tonne de mi- nerai broyé.....		4 63

Empire (moulin). Minerais. — Le filon de la mine Ophir appartenant à ce moulin, est encaissé dans des porphyres amphiboliques et dans des schistes métamorphiques très durs. Le minerai est du quartz blanc à petits cristaux brillants, qui passe à la calcédoine dans les croiseurs. La pyrite de fer est en moindre quantité qu'à North-Star ; elle contient de la galène et un peu de blende ; la gangue est extrêmement dure.

Moteur, etc. — Le moulin actuel date de 1883. Le moteur est l'eau, qui est achetée comme à l'usine précédente ; une seule roue Pelton actionne toutes les machines. Les pilons sont au nombre de 40 divisés en 8 batteries.

Concassage. — Le concassage se fait dans deux broyeurs Gates. Le minerai concassé tombe dans des trémies, d'où il passe dans 8 distributeurs Henry Challenge.

Mortiers. — Les mortiers ont les mêmes dimensions qu'à North-Star ; ils ont une plaque argentée à l'avant.

Pilons, etc. — Les pilons pèsent 385 kil. ; ils donnent 90 à 95 coups par minute ; la hauteur moyenne de chute est de 0^m,178.

Sabots et Dés. — Les sabots et les dés sont de même nature qu'à North-Star.

Hauteur de décharge. — Elle est en moyenne de 0^m,108. A mesure que les dés s'usent, on les élève en plaçant de vieux dés au-dessous, et en enlevant des liteaux vissés aux cadres des tamis lorsque les dés sont neufs. Le *chuck-block*, dont la surface intérieure est plane, porte une plaque de cuivre argenté de 0^m,101 de large.

Tamis. — Jusqu'à il y a quelques années, on employait des tamis en fils de bronze n° 30 et 40; on les a remplacés depuis, par de la tôle étamée, perforée d'orifices circulaires de diamètre égal. Un pareil tamis coûte fr. 2,86 et dure 15 jours, tandis que le prix d'un tamis en fils de bronze était de fr. 6,06, et sa durée de 25 jours.

Capacité de broyage. — Chaque pilon broie en moyenne 1340 kil. par 24 heures, soit 54,4 tonnes pour le moulin. Le travail mécanique développé pour broyer une tonne de minerai, est de 1,03 cheval-vapeur.

Amalgamation. — Elle se fait principalement dans le mortier. A la sortie de celui-ci, la pulpe tombe sur un dispositif semblable à celui de North-Star. Le *tablier* a 0^m,60 de longueur et 1^m,251 de large ; il se rétrécit ensuite, pour former un simple canal peu profond, de 3^m,60 de longueur, dont le fond est garni de plaques de cuivre argenté. La pente du tablier est de 15,62 p. ‰, et celle du canal 8 p. ‰. Il serait de beaucoup préférable de remplacer le canal étroit par une table

amalgamée d'une largeur égale à la longueur du mortier. Toutes les plaques sont en cuivre argenté électrolytiquement, à raison de 840 grammes d'argent par mètre carré.

Concentration. — La pulpe, sans classement préliminaire, est concentrée sur 16 Triumph consommant chacun 6,81 litres d'eau par minute ; chaque appareil reçoit 3400 kil. de minerai broyé par 24 heures. On produit 2,25 p. % de schlichs ayant une valeur nette de 458 francs par tonne ; ils sont vendus aux ateliers de chloruration locaux.

Nettoyage général. — Il se fait bi-mensuellement comme à North-Star.

Amalgame. — La quantité d'amalgame retirée des mortiers, varie de 50 à 85 p. % de la totalité ; la moyenne est de 75 ; on cherche autant que possible à retenir l'or dans les mortiers.

Le rendement de l'amalgame en or brut, est de 40 p. % en moyenne ; le titre des lingots est de 820 millièmes.

Mercure et eau consommés. — La consommation de mercure est de 16,5 grammes par tonne.

La quantité d'eau totale nécessaire au broyage, à l'amalgame et à la concentration, est de 18,16 litres par pilon et par minute, ou 19 pour 1 de minerai.

Rendement. — Des prises d'essai des résidus sont faites 6 fois par heure au moyen d'un échantillonneur mécanique (1). Les analyses montrent que ces résidus ne contiennent pas plus de 1,50 gramme d'or à la tonne, et que le rendement total, y compris l'or des schlichs, varie de 85 à 87 p. %.

(1) Voir chapitre VIII.

Moulin W. Y. O. D. (Work your own diggings).
Moteur. — Cette usine, construite en 1890, comprend 10 pilons divisés en 2 batteries. Le moteur est la vapeur.

Concassage. — Il est fait dans un broyeur Gates. Le minerai concassé tombe dans une trémie et de là dans 2 distributeurs Henry Challenge.

Mortiers. — Les mortiers sont du type ordinaire de Californie ; ils ont une plaque argentée de 0^m,101 fixée à un *chuck-block*.

Pilons, etc. — Leur poids est de 340 kil. ; ils donnent 90 à 100 coups par minute ; la hauteur moyenne de chute est de 0^m,152.

Sabots et dés. — Les sabots sont en acier chromé et les dés en fonte ; ceux-ci sont remplacés toutes les 6 semaines quoiqu'ils ne soient pas hors de service ; on agit ainsi, afin de maintenir la hauteur de décharge à peu près constante ; elle ne varie que de 0^m,127 à 0^m,178.

Tamis. — Les tamis, précédemment en fil de bronze n° 40, ont été remplacés par des tôles étamées à orifices circulaires de même dimension ; ils durent 14 jours.

Capacité de broyage. — Un pilon pulvérise 1542 kil. par 24 heures ; le travail mécanique moyen, développé pour broyer 1000 kil. de minerai, est de 0,67 cheval-vapeur.

Amalgamation. — De même que dans les moulins précédents, l'amalgamation se fait en grande partie dans les mortiers. En sortant de ceux-ci, la pulpe passe sur une série de plaques de 1^m,27 de large et d'une longueur totale de 4^m,20, dont la pente est de 15,08 p. % ; elles sont en cuivre argenté électrolytiquement, à raison de 1.722 grammes par mètre carré.

Concentration. — La concentration se fait sur 4 Frue-Vanners, qui reçoivent chacun 3850 kil. de minerai broyé par 24 heures. On recueille environ 2,5 p. % de pyrites, valant en moyenne 573 francs par tonne. Elles sont vendues à un atelier de chloruration, qui paie 90 p. % de l'or, sous déduction de fr. 91,73 par tonne, pour frais de traitement et de transport.

Amalgame. — L'amalgame retiré des mortiers, provient par parties égales, de la plaque du *chuck-block* et des sables et fragments de minerai ; cette quantité représente les deux tiers de la totalité produite par toute l'usine.

Mercure et eau consommés. — La consommation de mercure est de 19 grammes par tonne de minerai broyé.

La quantité d'eau nécessaire pour tous les besoins de l'usine, est de 13,62 litres par pilon et par minute, c'est-à-dire 12 pour 1 de minerai.

Rendement. — La teneur moyenne des résidus qui s'échappent du moulin, serait, dit-on, de 1,67 grammes d'or à la tonne, correspondant à un rendement de 87 à 90 p. %, y compris le produit des schlichs.

Remarques sur les Moulins de Grass-Valley

Production des pilons. — La dureté exceptionnelle des minerais est cause de la faible production des pilons. La quantité de minerai broyé par 24 heures n'est en moyenne que de 1.541 kil. par flèche ; des pilons plus lourds donneraient certainement de meilleurs résultats.

Hauteur de décharge. — La hauteur moyenne de décharge est assez faible — 0^m,108 — mais elle varie beaucoup avec l'usure des dés, excepté au moulin

W. Y. O. D. où l'on fait des efforts pour la rendre uniforme ; il en résulte que la grosseur des sables est très irrégulière. La faible teneur des résidus du traitement permet de supposer qu'avec une hauteur de décharge régulière, à déterminer par l'expérience, il serait possible, sans inconvénient, de broyer avec des tamis un peu plus gros que le n° 30, ce qui augmenterait la production.

Tamis. — L'usage des tôles étamées à orifices circulaires, est un pas rétrograde fait par tous les moulins de Grass-Valley. Il y a un certain nombre d'années, on employait les tôles ordinaires à trous ronds : elles s'engorgeaient rapidement, on les remplaça par des tôles à ouvertures rectangulaires ; le produit était alors très irrégulier. On essaya les tamis en fils de bronze, ils donnaient de bons résultats, mais leur prix était lo double des autres ; on expérimenta les toiles métalliques en fil d'acier, elles résistaient bien à l'usure, mais les fils horizontaux se rapprochaient les uns des autres et les grains de la pulpe étaient très inégaux ; on adopta enfin la tôle étamée à orifices circulaires. Si l'on se reporte au tableau donné page 558, tome XII, 3^e livraison, on verra que la surface de décharge des toiles métalliques est tellement supérieure à celle des tôles perforées à trous ronds, que dans un district comme celui de Grass-Valley, où l'on doit chercher à broyer rapidement, il serait bien préférable d'employer les tamis en fils de bronze, malgré leur prix plus élevé, d'autant plus qu'actuellement la dépense en tamis ne dépasse par fr. 0,05 par tonne.

Plaques amalgamées. — Dans quelques moulins, la largeur des plaques amalgamées est beaucoup trop faible ; elle devrait être égale, sur toute leur longueur, à la longueur des mortiers.

Presque partout les plaques sont en cuivre argenté électrolytiquement. La tendance est d'augmenter la quantité d'argent, ainsi : elle est de 344 grammes par mètre carré à North-Star, de 840 grammes à Empire, et de 1722 grammes à W. Y. O. D., le moulin le plus récemment construit.

L'absence de trappes à mercure dans les usines du district de Grass-Valley, comme d'ailleurs dans presque toutes celles de Californie, ne peut pas être justifiée.

Concentration. — Dans aucun des moulins de ce district, la pulpe n'est classée avant d'aller sur les concentrateurs. C'est un tort, car avec une série de 4 spitzkasten, les appareils marcheraient certainement mieux et retiendraient une plus grande quantité de pyrites. Chaque batterie a au plus deux concentrateurs et une machine reçoit en moyenne 3855 kil. de sables et de schlamms par 24 heures.

Amalgame. — La quantité d'amalgame retirée des mortiers, varie de 50 à 85 p. % de la récolte totale ; elle est généralement de 66. La finesse des lingots est de 820 à 850 millièmes ; le titre moyen est de 840.

Mercure et eau consommés. — La consommation de mercure varie de 16,5 à 24 grammes par tonne de minerai broyé.

La quantité d'eau nécessaire aux besoins de l'usine, non compris celle du moteur, est en moyenne de 16,17 litres par pilon et par minute, ou 15,5 pour 1 de minerai.

Rendement. — Le rendement en or est compris entre 83 et 94 p. % ; on peut admettre que dans les moulins bien conduits de ce district, il n'est pas inférieur à 87 p. %.

b. District d'Amador.

Gisements. — Les schistes dans lesquels se trouvent les principales mines de ce district, sont beaucoup moins métamorphysés que ceux de Grass-Valley. La gangue dominante est toujours le quartz qui contient souvent des fragments de la roche encaissante. Les minerais ont une teneur généralement assez faible — 9 grammes à la tonne environ — exceptionnellement, elle arrive à 40 grammes. Le métal précieux est à un état de division plus ou moins grand, suivant les exploitations. La dureté du minerai est assez variable, mais elle est beaucoup moins grande que dans le district précédent.

Conditions de marche des moulins. — Nous n'avons malheureusement pas de renseignements un peu récents sur l'usine de 160 pilons de Plymouth Consolidated Company; nous ne donnerons que les conditions de marche des autres principaux moulins.

	CLINTON	GOVER	KENNEDY	KEYSTONE	South-Spring Hill.	WILDMAN	MOYENNE
Nombre de pions	20	20	40	40	40	30	"
Poids des pions	453	362	385	340	340	340	386
Nombre de coups par minute	85	96	83	90	93	92	89
Hauteur de chute	152	171	165	152	184	178	167
— de décharge	190	203	178	178	190	184	187
Minerai broyé par pilon et par 24 heures kil.	2.721	1.995	2.267	2.267	2.086	2.086	2.237
Capacité des moulins par jour..... tonnes	54,4	40	90,7	90,7	83,4	62,6	"
Travail développé pour broyer 1.000 kilos	0,48	0,66	0,55	0,47	0,61	0,59	0,56
de minerai							
	Fils de bronze.	Diverses.	Fils de bronze.	Tôle perforée orifices rectangulair. horizontaux.	Tôle perforée orifices rectangulair. inclinés.	Tôle perforée orifices rectangulair. inclinés.	"
	0,88	0,88 à 0,61	0,61	0,50	0,50	0,72	"
Nature	20	20 à 30	30	35	35	25	"
Diamètre ou côté des orifices millimét.	25	45	30	32	34	36	33
Numéro correspondant des toiles métalliques	320	449	340	363	355	365	365
Tonnes broyées pendant le service....	2	1	2	1,5	1,5	1,5	1,6
Schlichs } Proportion pour 100 de minerai.	571	630	616	630	229	343	503
produits } Valeur par tonne francs....	?	4,4	?	11	?	7,7	7,7
Mercure consommé par tonne... grammes	25	16,26	15	16,26	17,51	45	17,5
Eau consommée par pilon et par minute lit.	13,23	11,74	9,53	10,33	12,07	10,34	11,2
— pour 1 de minerai	30	37	42	45	45	42	40
Or brut obtenu pour 100 d'amalgame.....	820	825	828	830	830	809	823
Titre des lingots							

Nous ne décrivons que le moulin de Gover datant de 20 ans, non seulement parce qu'il peut être considéré comme type du district, mais aussi parce que son petit nombre de pilons permettra de comparer le prix de revient du traitement avec celui d'usines plus importantes.

Gover (Moulin de). Minerai. — Le minerai est très variable comme dureté, quantité de pyrite et teneur en or; celle-ci est comprise entre 8 et 41 grammes à la tonne.

Moteur. — L'eau servant de moteur et aux divers besoins de l'usine, est achetée comme dans le district de Grass-Valley.

Concassage. — Cette opération se fait à la mine avec un concasseur du type Blake.

Pilons, etc. — Ils sont au nombre de 20, répartis en 4 batteries. Leur poids est de 362 kilos; ils donnent 96 coups par minute; la hauteur de chute, variable avec la dureté du minerai, est comprise entre 0^m,152 et 0^m,190.

Sabots et dés. — Les sabots et les dés proviennent des fonderies locales; ils sont en fonte et coûtent 40 francs par 100 kilos. La consommation est de 711 grammes par tonne de minerai broyé, soit 0 fr. 284, dont il faut retrancher 0 fr. 055 pour la valeur des rebuts, — 14 fr. 40 par 100 kilos —, ce qui fait une dépense de 0 fr. 23. Quoique les déchets d'acier ne soient pas vendables dans le district d'Amador, on aurait probablement avantage à employer des sabots en métal dur, et des dés en fonte aciéreuse comme à Grass-Valley.

Hauteur de décharge. — La hauteur de la décharge varie avec la nature du minerai, sa richesse et la dissé-

mination de l'or dans la gangue. Si le métal précieux est en grosses particules, la hauteur de décharge est faible, tandis que s'il est divisé, comme c'est le cas pour les minerais pauvres, elle est plus grande — 0^m,203 — ; un chuck-block que l'on abaisse à mesure que les dés s'usent, permet de la régulariser.

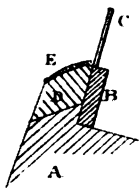
Tamis. — On emploie des tamis d'une nature différente suivant le minerai. S'il est de dureté moyenne et si l'or est relativement gros, on fait usage de toiles métalliques n° 30, en fils de bronze, dont la durée est de 35 à 55 jours. Lorsque le minerai contient 1,5 à 3 pour 100 de pyrites, les tamis sont en fils d'acier qui donnent une décharge rapide ; ils servent pendant 20 à 30 jours. Enfin, si l'or est à un état de grande division et la gangue dure, on emploie des tôles perforées à orifices circulaires, dont le diamètre correspond au n° 30 des toiles métalliques. Le faible débit qui en résulte, a pour effet de retenir la pulpe pendant un certain temps dans le mortier, ce qui facilite l'amalgamation ; ces tôles ne sont remplacées que tous les 40 à 60 jours. Dans tous les cas, l'usure des tamis est très irrégulière à cause des débris de bois provenant de la mine ; ils engorgent les ouvertures, aussi est-on obligé de broser souvent les tamis. Les toiles en fils de bronze donnent le broyage le plus égal ; celles en fils d'acier, le plus grossier, et les tôles perforées, la pulvérisation et la décharge les plus irrégulières.

Capacité de broyage. — Elle varie dans de très larges limites suivant la dureté du minerai, la teneur en pyrite et la grosseur de l'or. Quand le minerai est riche, la capacité de broyage est sacrifiée à l'amalgamation, on ne broie alors que 40 tonnes par jour, c'est-à-dire 1.995 kilos par pilon. Si, au contraire, la roche est pauvre et l'or rassemblé dans les sulfures, le bocard

n'est plus, à proprement parler, qu'un appareil de pulvérisation; dans ce cas, la capacité de l'usine peut atteindre 80 tonnes par jour, c'est-à-dire 4.000 kilos par pilon.

Amalgamation. — Elle se fait principalement dans les mortiers qui ont tous une plaque amalgamée intérieure de 0^m,15 de large, fixée à un *chuck-block* à surface courbe, Fig. 114 (1). Le mercure est versé

Fig 114



comme d'habitude à des intervalles réguliers et en quantité variable avec la teneur. Quand le minerai est riche et l'or gros, une partie de l'amalgame s'attache au *chuck-block*, et l'autre se loge dans les angles du mortier ou entre les dés.

En quittant une batterie, la pulpe tombe sur une série de plaques amalgamées. La supérieure A (Fig. 115 et 116), nommée *battery plate*, — plaque de batterie — a 1^m,251 de large et 0^m,483 de long, avec une pente de 10,41 pour 100; la seconde B, inclinée à 45 degrés en sens contraire, a 1^m,168 $\times$ 0^m,203; puis vient le tablier (2) C, — *apron* — de 1^m,27 $\times$ 0^m,90, incliné de 10,41 pour 100 et terminé par un conduit transversal D. Ce conduit a 2 ouvertures situées chacune au-dessus

(1) A, mortier; B, cadre du tamis; C, tamis; D, *chuck-block*; E, plaque amalgamée.

(2) Ces plaques superposées ont pour but de diminuer la largeur de l'atelier.

d'un distributeur E, consistant en une caisse dont le fond, en tôle de cuivre, est perforé de trous de 2,5 centimètres de diamètre. Les distributeurs répartissent la pulpe sur toute la largeur de 2 canaux accolés F, de $0^m,368 \times 3^m,30$ et d'une pente de 12,5 pour 100, dont le fond est garni de plaques amalgamées. Enfin, toutes les matières passent dans un canal H, de $0^m,355$ de large et de $1^m,80$ de longueur, débouchant dans une trappe à mercure K.

Cette disposition est vicieuse, parce que la largeur des plaques diminuant à une faible distance du mortier

Fig 115

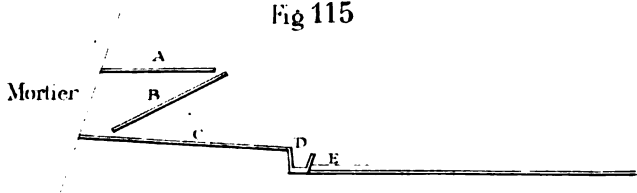
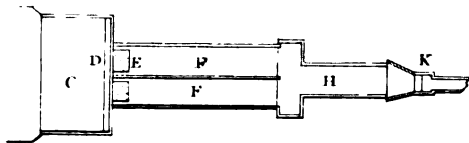


Fig. 116



et la pente augmentant, l'or qui n'a pas été retenu sur les premières ne peut pas l'être par les autres à cause de l'accroissement de vitesse de la pulpe.

En sortant du mortier, la pulpe est généralement un peu trop épaisse; elle est diluée avec de l'eau claire au moyen d'un tuyau à mille trous placé au dessus de la première plaque. Parfois, des pyrites très fines se déposent sur les plaques amalgamées; on est alors obligé de les brosser fréquemment.

Concentration. — En quittant les trappes à mercure,

la pulpe est distribuée sans classement sur 4 concentrateurs Woodbury à toile sans fin, ressemblant aux Frue-Vanners, mais plus larges; ils reçoivent donc chacun au moins 10 tonnes de minerai par 24 heures; c'est beaucoup trop.

Les résidus des concentrateurs vont ensuite dans un atelier de traitement des schlamms fins. Ils sont grossièrement débourbés dans une caisse à courant d'eau ascendant, et les boues sont conduites sur des tables dormantes recouvertes de toile à voiles, d'une largeur totale de 34^m,50 et d'une longueur de 5^m,40, analogues à celles employées au moulin Kennedy et que nous avons décrites, pages 686 et suivantes, tome XII, 3^e livraison. Les schlichs sont concentrés de nouveau sur une machine Woodbury; les sulfures obtenus sont tellement fins, qu'une grande partie surnage dans la caisse de dépôt. Afin de ne pas les perdre, l'eau de cette caisse passe dans un tuyau débouchant au-dessous de la surface d'une autre caisse pleine d'eau; par ce dispositif très simple, on recueille mensuellement une quantité de pyrite impalpable, représentant une valeur de 78 francs.

La proportion totale de pyrite retirée est d'environ 1 pour 100 du poids du minerai broyé, dont un quart provient de l'atelier des schlamms; la valeur de l'or contenu est de 630 fr. par tonne.

Nettoyage général. — Il se fait tous les mois. Les sables retirés des mortiers sont traités dans un tonneau dans lequel on met de vieux boulons et écrous. Après 8 ou 9 heures de rotation, on introduit du mercure, et l'opération est encore continuée pendant 4 heures.

Amalgame. — La proportion d'amalgame recueillie dans les mortiers, varie avec la nature des minerais; elle est quelquefois de 90 pour 100 de la totalité, mais

le plus souvent de 69, dont 63 pour 100 proviennent des *chuck-blocks* et 16 pour 100 du traitement des sables des mortiers; le reste, c'est-à-dire 21 pour 100, vient des plaques extérieures; l'amalgame contient en moyenne 37 pour 100 d'or. Les lingots sont au titre de 825 millièmes.

Mercure et eau consommés. — La consommation de mercure varie avec la richesse des minerais, elle augmente avec celle-ci; la moyenne est seulement de 4,4 grammes par tonne de minerai broyé.

En dehors de celle nécessaire au moteur, la quantité d'eau consommée par tous les besoins de l'usine est de 22,5 litres par pilon et par minute pour les minerais contenant 2 à 3 pour 100 de pyrites; elle descend à 14,75 litres, c'est-à-dire à 11,74 pour 1 de minerai ordinaire.

Rendement. — Les résidus rejetés ne contiennent, dit-on, au maximum, que 0,75 gramme d'or à la tonne, et au minimum 0,43 gramme. En prenant le chiffre le plus élevé et la teneur la plus basse du minerai, — 8,35 grammes — l'extraction théorique serait de près de 90 pour 100.

Frais spéciaux de traitement. — Du 1^{er} janvier au 1^{er} septembre 1893, les frais spéciaux de traitement par tonne de minerai ont été :

Eau motrice et pour les besoins de l'usine..... 1' 14

Main-d'œuvre :

Concassage	0 28	}	1 20
Broyage et amalgamation.....	0 69		
Concentration	0 23		

A reporter..... 2 34

Report..... ' 2 34

Fournitures :

Sabots et dés.....	0 23	} 0 69
Tamis et mercure.....	0 06	
Diverses.....	0 40	
Frais spéciaux de traitement par tonne de mi- nerai broyé.....	3 03	

Remarques sur les moulins du district d'Amador.

Production des pilons. — Les pilons de ce district, à l'exception de ceux du moulin de Clinton, sont moins pesants que ceux de Grass-Valley. Les minerais sont beaucoup moins durs; aussi, malgré une plus grande hauteur de décharge, la production est-elle bien supérieure, — 2.237 kilos par flèche et par 24 heures dans le premier, au lieu de 1.541 kilos dans le second.

Hauteur de décharge. — Dans le district d'Amador on maintient plus soigneusement que dans celui de Grass-Valley, le niveau de la décharge. Au moulin Gover, le *chuck-block* est abaissé à mesure que les dés s'usent, en enlevant progressivement des liteaux vissés au-dessous des cadres des tamis. A South-Spring-Hill, on emploie 2 *chuck-blocks* de 0^m,152 et de 0^m,178 de haut, et quand la hauteur des dés a diminué de 7,6 centimètres, on les élève de la même quantité au moyen d'un faux fond. A Wildman, on a plusieurs *chuck-blocks* variant de 0^m,102 à 0^m,178 de hauteur, tandis qu'à Kennedy il n'y en a qu'un, divisé en 5 sections horizontales boulonnées ensemble; la plus élevée qui porte la plaque amalgamée a 5,1 centimètres d'épaisseur et les 4 autres ont chacune 3,2 centimètres, ce qui fait une hauteur totale de 0^m,179; à mesure que les dés s'usent, on enlève une section.

Plaques amalgamées extérieures. — Si les moulins du district d'Amador sont supérieurs à ceux de Grass-Valley au point de vue de la régularité de la hauteur de décharge, ils leur sont bien inférieurs pour la disposition des plaques amalgamées. En effet : au lieu d'avoir à peu près une largeur égale à la longueur du mortier sur toute leur longueur, elles se rétrécissent à une petite distance des pilons ; la pulpe acquiert dans son parcours inférieur une trop grande vitesse, et une certaine quantité d'or fin est entraînée.

Concentration. — A South-Spring-Hill, il y a 8 Frue-Vanners, 2 Woodbury et 2 Triumph pour concentrer 83,4 tonnes. Les Woodbury sont beaucoup plus larges que les autres ; si l'on suppose qu'ils peuvent passer le double, chaque concentrateur, d'une largeur normale de 0^m,90 pour la toile sans fin, recevrait 6 tonnes de matières broyées par 24 heures ; c'est beaucoup trop.

A Wildman, pour 62,6 tonnes, il y a 8 Frue-Vanners et 4 Triumph ; ils concentrent donc chacun 5.266 kilos de minerai par jour. Enfin, à Kennedy, pour 91,7 tonnes, il y a 24 Frue-Vanners — 3 par batterie — qui lavent 3.779 kilos.

Dans plusieurs moulins, les résidus des concentrateurs sont débourbés pour séparer les schlamms fins qui sont enrichis sur des tables dormantes recouvertes de toile à voiles, comme nous l'avons vu pour Kennedy pages 686 et suivantes, tome XII, 3^e livraison, où elles donnent, ainsi qu'ailleurs, d'excellents résultats. Il serait très probablement préférable de classer la pulpe dans des Spitz-Kasten, de traiter chaque grosseur de sables sur les Frue-Vanners, et de conduire directement les schlamms aux tables dormantes.

Amalgame. — La proportion d'amalgame recueillie dans les mortiers, varie avec la nature du minerai et

la hauteur de décharge. Si l'or est gros et la décharge élevée, il en reste davantage dans la batterie, mais la quantité de minerai broyée est diminuée ; l'expérience seule, dans chaque cas, détermine la hauteur de décharge qui donne les meilleurs résultats au point de vue des bénéfices.

A South-Spring-Hill, 55 pour 100 de l'amalgame total proviennent des mortiers ; à Wildman 80 à 83, et à Kennedy, environ 75 pour 100.

Mercure et eau consommés. — Pour les quelques moulins dont nous connaissons la consommation de mercure, celle-ci varie de 4,4 à 11 grammes par tonne de minerai broyé, c'est-à-dire beaucoup moins que dans le district de Grass-Valley, où la moyenne est de 20,75 grammes ; cela tient évidemment à la faible dureté du minerai qui produit moins de mercure farineux.

La quantité d'eau nécessaire aux besoins des usines, en dehors du moteur, est en moyenne de 17,5 litres par pilon et par minute, ou 11,2 pour 1 de minerai.

Rendement. — A l'exception du moulin Gover, nous n'avons pas de renseignements bien exacts sur le rendement en or ; nous avons vu que, pour cette usine, l'extraction théorique serait de 90 pour 100 environ, dans les cas les moins favorables. Si l'on en juge par la teneur des résidus des autres moulins, le rendement serait d'environ 85 pour 100.

Chloruration des schlichs à Plymouth Consolidated.

Schlichs. — Les pyrites aurifères, provenant de la concentration, contiennent en moyenne 40 pour 100 de soufre et un peu de galène.

Grillage. — Le four employé est un reverbère de 24 mètres de long, y compris le foyer, et de 3^m,60 de

largeur intérieure. La sole, quoique continue, est divisée pour le travail en 3 parties ; dans la plus éloignée du foyer se fait le séchage ; dans celle du milieu, plus longue que les autres et où le minerai n'a qu'une faible épaisseur, a lieu la combustion du soufre, enfin près du foyer s'achève le grillage. Aussitôt que les flammes produites par l'oxydation du soufre ont disparu dans le compartiment du milieu, on ajoute 0,75 pour 100 de sel marin.

Deux ouvriers par poste de 8 heures, chargent 2.177 kilos de schlichs à 10 pour 100 d'humidité et retirent le produit d'une charge ; on passe donc 5.878 kilos de pyrites crues par jour.

Les frais spéciaux par 24 heures sont :

Main-d'œuvre :

6 grilleurs à fr. 13.....	78 »	} 98' 80
2 manœuvres pour le transport des minerais brut et grillé et pour le refroidissement à fr. 10,40	20 80	

Fournitures :

6,269 stères de bois à fr. 3,79 le stère	23 76	} 33 70
25 kilos sel marin à fr. 8,58 les 100 kilos	2 14	
Outils, éclairage, etc.....	7 80	
Frais spéciaux de grillage pour 5.878 kilos de pyrite crue.....		132 50
Frais spéciaux de grillage par tonne de schlichs crus.....		22 546

Pendant le grillage, les pyrites perdent environ le quart de leur poids ; les frais spéciaux rapportés au minerai grillé, sont donc de fr. 30,06 par tonne.

Chloruration. — Les cuves de chloruration, au nombre de 4, ont 2^m,70 de diamètre et 0^m,90 de profondeur. Le filtre est formé de liteaux en bois de 2 centimètres d'épaisseur, placés sur le fond légèrement incliné vers l'orifice d'écoulement, et distants d'environ 0^m,30, sur lesquels reposent des plateaux de 5 centimètres d'épaisseur, de 0^m,15 de large et écartés de 2,5 centimètres environ. Par-dessus, et sur une hauteur de 0^m,15 se trouvent des couches de graviers et de sable de grosseur décroissante, recouvertes d'un plancher dont les planches, disposées perpendiculairement aux plateaux du faux fond, laissent entre elles un petit espace.

Le minerai grillé, humecté avec 6 pour 100 d'eau environ, est criblé au-dessus de la cuve sur un tamis à mailles de 12 millimètres. La charge, qui est de 4 tonnes anglaises ou 3.628 kilos, arrive jusqu'à 7 ou 8 centimètres du bord supérieur. Quand la surface est bien égalisée, le chlore est admis par deux ouvertures opposées situées au-dessous du double fond.

Le chlore est produit dans les vases que nous avons décrits, tome XII, 4^e livraison; il en faut 2 pour une cuve. Quatre heures environ après le commencement de l'opération, le gaz a traversé la masse de minerai. On place alors le couvercle de la cuve qu'on lute soigneusement, et le dégagement est continué jusqu'à épuisement des 2 générateurs; les ouvertures d'admission du gaz sont alors fermées.

La chloruration commence généralement le matin, et on laisse le réactif en contact avec le minerai pendant 48 heures. Le troisième jour on fait le lessivage. La cuve est remplie d'eau, et après quelques minutes, lorsque le liquide a imbibé la masse, on fait écouler la solution aurifère dans une caisse de dépôt, en ayant soin de tenir la cuve pleine d'eau pendant toute l'opération, qui dure ordinairement 4 à 5 heures.

Dans le bac de dépôt, on verse environ 18 kilos d'acide sulfurique, afin d'obtenir un précipité d'or plus pur, et après 24 heures de repos, la liqueur est conduite dans une cuve enduite de paraffine, où se fait la précipitation par le sulfate de fer. Le liquide est fortement agité, et de temps à autre on s'assure qu'il ne contient plus d'or. Au bout de 2 ou 3 jours de repos, le liquide est siphonné dans une dernière cuve, pour laisser déposer les dernières traces d'or, puis on l'évacue, lorsqu'une nouvelle solution est sur le point d'arriver.

De temps à autre, le précipité est rassemblé et mis sur un filtre, où il est lavé à l'eau, pour enlever l'acide et les sels solubles ; il est ensuite séché et fondu.

Le sulfate de fer est préparé dans un vase en bois de 1^m,20 × 1^m,20 placé à l'air en dehors de l'atelier et contenant du vieux fer ; on le remplit d'eau, et pour une charge de minerai, on emploie 18 kilos d'acide sulfurique environ.

Frais spéciaux de chloruration. — Les frais spéciaux de chloruration, sont, par 24 heures :

Main-d'œuvre :

1 contre-maitre.....	13	»	} 23' 400
1 aide.....	10	40	

Fournitures :

Peroxyde de manganèse 27^k,180 à fr.

24,40 les 100 kilogs..... 6 632

Sel marin 30^k,804 à fr. 8,58 les 100 k^{os} 2 643

Acide sulfurique :

Pour le chlore 54^k,360

Pour le bac de

dépôt..... 18^k,120

Pour le sulfa-

te de fer ... 18^k,120

90^k,60 à fr. 15
par 100 kil. 13 590

} 27' 465

Vieux fer 2 »

Outils, filtres, éclairage, etc 2 600

A reporter..... 50' 865

Report..... 50' 865

Tels sont les frais de chloruration
pour 5.877 kil. de schlichs crus.

Frais de chloruration pour 1.000 kil.
de schlichs crus..... 8 650

Les frais spéciaux totaux de traitement d'une tonne
de pyrites crues, sont donc :

Grillage.....	fr. 22 546
Chloruration... ..	8 650
Total.....	31 196

Rendement. — Du 15 janvier 1884 au 15 avril 1885,
le rendement moyen à la chloruration a été de 95,23
pour 100 de la teneur accusée par les essais.

Prix de revient total d'Exploitation et de Traitement.

A Plymouth Consolidated, les dépenses totales, y
compris les frais généraux, sont, par tonne de minerai
broyé :

Mine..... 13' 42

Moulin :

Broyage et amalgamation.....	2 24	}	3 21
Chloruration.....	0 97		
Frais généraux... ..	0 97		
Total.....	17' 60		

Dans 2 autres usines du Comté d'Amador, les résul-
tats ont été les suivants :

	WILDMANN.		HECTOR.
	Année 1895	Année 1896	Année 1896
Frais d'exploitation (1) ..	10' 50	11' 28	8' 06
Frais de traitement.....	1 893	2 122	1 654
Totaux.....	12' 393	13' 402	9' 714

D'après M. Rickard, dans le district d'Amador, le prix de revient total d'exploitation et de traitement, y compris les frais généraux, varie de :

13 47 à fr. 19 76 pour un moulin de 40 pilons.		
17 73 » 18 61	»	30 »
20 07 » 21 48	»	20 »

D'après le même auteur, si une mine est aménagée de manière à alimenter un moulin de 40 pilons, on peut, pour le district en question et dans des conditions moyennes, compter sur les prix de revient suivants, en comprenant, dans les dépenses, une proportion raisonnable de travaux de recherches et d'aménagement, de réparations, ainsi que l'amortissement des installations :

Mine.....	10' 03	12' 95
Usine :		
Eau motrice et pour les besoins de l'usine.....	2' »	2' 28
Broyage et amalgamation.....	1 14	2 »
Concentration et chloruration.....	0 86	1 43
Frais généraux, etc.....	1 14	1 71
Totaux.....	15' 17	20' 37

(1) Le concassage se faisant à la mine, est compris dans les dépenses d'exploitation.

B. — ALASKA

Moulin d'Alaska-Treadwell. — Le moulin de la Compagnie d'Alaska-Treadwell, est le plus grand du monde, il contient 240 pilons (1). Il est situé dans l'île Douglas, sur les bords de l'Océan Pacifique, au sud-ouest du territoire d'Alaska, Etats-Unis. Les renseignements que nous possédons sur la marche de l'usine sont incomplets, mais les résultats économiques publiés annuellement par la Société sont très intéressants, parce qu'ils montrent que dans certains cas, même dans les conditions défavorables comme main-d'œuvre, on peut exploiter des minerais d'or à faible teneur.

Gisement et minéral. — Le gisement est un énorme filon de quartz traversant une formation schisteuse. La profondeur atteinte par les travaux est de 100 mètres au-dessous des affleurements ; au niveau de 66 mètres, la puissance du gîte est de 127 mètres.

Le minéral est d'une dureté un peu au-dessous de la moyenne ; sa teneur en or n'est environ que de 5 à 5,50 grammes d'or à la tonne. A la concentration, il produit en moyenne 1,8 pour 100 de schlichs, dont la richesse représente à peu près le tiers de la valeur totale.

L'or libre est facilement amalgamable.

Exploitation. — L'exploitation a lieu en partie à ciel ouvert, mais principalement par puits et galeries. Le traçage et l'abatage se font par perforation mécanique à l'air comprimé. A la sortie de la mine, le minéral est concassé dans deux concasseurs Gates n° 6.

En 1895, les prix de la main-d'œuvre étaient pour les

(1) Le nouveau moulin de Simmer and Jack, Transvaal, actuellement en construction; en contiendra 280, d'après l'*Engineering and Mining Journal*, 4 juin 1898.

ouvriers blancs : mineurs aux perforatrices, fr. 18,20 à fr. 20,80 ; manœuvres, fr. 15,60 ; les ouvriers indiens étaient payés fr. 10,40 par jour. Pendant l'exercice de 1895-96, le prix de revient de l'exploitation a été de fr. 3,148 par tonne de minerai.

Moulin. — Le moulin a été mis en marche en mai 1885.

Moteurs. — Pendant la plus grande partie de l'année, un canal de dérivation appartenant à la Compagnie, amène au moulin toute l'eau nécessaire à la force motrice et aux divers besoins ; le reste du temps, les appareils sont mus par la vapeur.

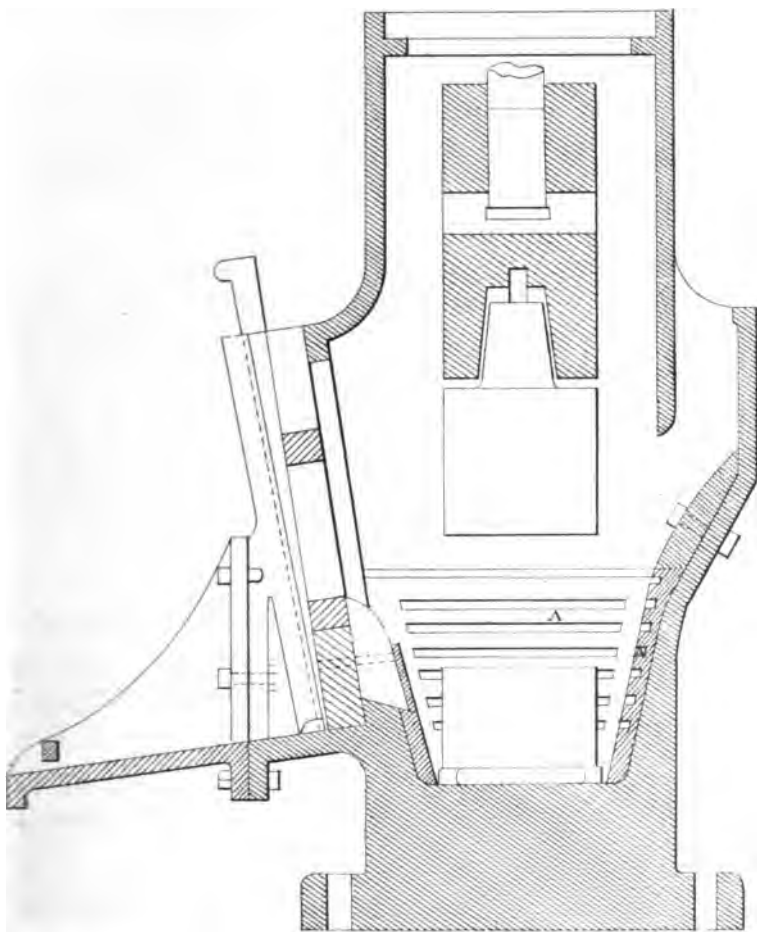
Deux roues Pelton et Knight, d'un diamètre de 1^m,80 et faisant 236 révolutions par minute, peuvent chacune faire marcher le moulin. La force est transmise à l'arbre principal du bocard, au moyen de larges poulies de 3^m,60 de diamètre, portant chacune 12 gorges dans lesquelles passent autant de câbles en chanvre de 5,1 centimètres de diamètre. Un embrayage à friction pour chaque paire de batteries permet d'arrêter ou de mettre en mouvement 10 pilons seulement.

Mortiers. — La FIG. 117 montre la disposition du mortier. Les plaques amalgamées intérieures sont supprimées ; les plaques de protection garnissant la partie inférieure, sont creusées de nombreuses rainures A, dans lesquelles se loge l'amalgame. Cette disposition, adoptée aux moulins de Crœsus et Simmer and Jack, Transvaal, paraît donner d'assez bons résultats, mais il nous semble que des plaques amalgamées seraient préférables.

Pilons. — Les 240 pilons sont disposés en 2 rangées de 12 paires de batteries de 5 flèches adossées comme dans la FIG. 3, PL. II, tome XII, 3^e livraison ; leur poids

est de 407 kilos. Des expériences nombreuses ont montré que pour les minerais d'Alaska, si les pilons dépassent 453 kilos, le broyage est rapide, mais l'amalgamation se fait très imparfaitement.

Fig 117



Sabots et dés. — Les sabots et les dés sont en acier chromé, dont le prix est de fr. 85,70 les 100 kilos. Les

premiers, quand ils sont neufs, pèsent 74 k. 380 et durent 152 jours environ ; les seconds ont un poids initial de 62 k. 430, ils sont changés tous les 145 jours. Les rebuts n'ont aucune valeur, la consommation est donc plus grande que s'ils étaient vendus ; elle est de 185 grammes par tonne broyée pour les sabots, et de 153 grammes pour les dés, soit un total de 338 grammes, ou une dépense de fr. 0,312 par 1.000 kilos de minerais.

Hauteur de chute, etc. — La hauteur de chute est de 0^m,203 et le nombre de coups de 90 par minute. Les tamis sont en toile métallique du numéro 35 — mailles de 0,56 millimètres.

Capacité de broyage. — Un pilon broie en moyenne 2.430 kilos par 24 heures ; le travail mécanique développé pour broyer une tonne de minerai est de 0,63 cheval-vapeur.

Amalgamation. — En sortant des mortiers, la pulpe de chaque batterie passe dans un canal de 3^m,65 de long et de 0^m,609 de large seulement, dont le fond est garni de plaques de cuivre amalgamé, puis dans une trappe à mercure et enfin sur des Frue-Vanners, à raison de 2 par 5 pilons : chacun de ces derniers appareils reçoit donc 6.075 kilos par 24 heures. La production en schlichs est de 1,8 pour 100 du poids du minerai, et leur teneur moyenne est de 60 grammes à la tonne.

Mercure consommé. — Pour l'exercice 1894-95, la consommation moyenne de mercure a été de 5,56 grammes à la tonne.

Teneur des résidus. — Des prises d'échantillons des résidus sortant des Frue-Vanners, sont faites régulièrement ; les résultats mensuels pour l'exercice 1895-96, ont été par tonne :

Juin 1895.....	Gramme	0,25
Juillet 1895.....	—	0,15
Août 1895.....	—	0,14
Septembre 1895.....	—	0,15
Octobre 1895.....	—	0,10
Novembre 1895.....	—	0,25
Décembre 1895.....	—	0,21
Janvier 1896.....	—	0,32
Février 1896.....	—	0,30
Mars 1896.....	—	0,24
Avril 1896.....	—	0,43
Mai 1896.....	—	0,52

Soit une teneur moyenne de 0,35.

On remarquera que la teneur la plus faible correspond à la période comprise entre les mois de juillet et de novembre ; cela est-il dû à la température de l'eau, ou à une variation dans la provenance du minerai ? Nous n'avons pas de renseignements à cet égard.

Frais spéciaux de broyage et d'amalgamation. —

En 1895, les ouvriers blancs étaient payés par jour : mécaniciens, fr. 15,60 à fr. 36,40 ; forgerons, fr. 26 ; amalgamateurs, fr. 20,80 ; grilleurs, fr. 18,20 ; servants des distributeurs, etc., fr. 16,90 ; les autres ouvriers, fr. 15,20.

Nous ne pouvons donner que pour l'exercice 1892-93, les détails des frais spéciaux par tonne de minerai. On a traité 215.172 tonnes.

Main-d'œuvre.....	1' 053
-------------------	--------

Fournitures :

Sabots et dés.....	0 289	} 1 467
Combustible.....	0 034	
Tamis.....	0 015	
Diverses.....	1 129	

Frais spéciaux de broyage et d'amalgamation ; par tonne.....

2 520

On remarquera que la dépense en combustible est négligeable ; le moulin d'Alaska-Treadwell peut donc être considéré comme une usine hydraulique.

Chloruration. — Les schlichs produits par les Frue-Vanners, renferment environ 40 p. % de soufre. Ce sont des pyrites de fer, dans lesquelles la proportion de cuivre paraît augmenter depuis quelques années ; la quantité de quartz est faible, mais il y a 2 à 5 p. % de chaux carbonatée, ce qui oblige à griller avec du sel marin.

Grillage. — Au début de la mise en marche de l'usine, le grillage se faisait dans un four Bruckner ; l'opération marchait bien, mais la consommation de combustible et les pertes par poussières et volatilisation étaient grandes. On essaya un four à 4 soles superposées avec râblage mécanique, qui ne répondit pas aux espérances. On construisit alors un four à reverbère, ancien style, de 3^m,90 de large et 19^m,50 extérieurement ; il donna d'excellents résultats. Actuellement, 4 fours de ce genre grillent 18.140 kil. de schlichs par jour.

Chloruration. — Les pyrites grillées, retirées des fosses situées sous les fours, sont portées sur une aire de refroidissement. Après un certain temps, elles sont humectées et tamisées sur des cuves garnies de plomb, contenant 4.081 kil. Le couvercle placé, on fait arriver le chlore. En général, il suffit de 4 heures pour que le gaz pénètre complètement le minerai, et de 20 heures de contact pour l'attaque de l'or, mais on le prolonge de 10 heures pour la commodité de la surveillance, le lavage et la précipitation ne se faisant que pendant la journée. Le soir qui précède la lixiviation, on fait arriver une quantité supplémentaire de gaz, qui n'est pas perdue, car le lendemain, quand on introduit

l'eau par le fond du bac, le chlore est chassé dans une des cuves voisines et nouvellement chargée.

Lavage et précipitation. — Le lavage dure en général 12 heures. La liqueur aurifère est conduite dans des cuves de dépôt dans le cas où des boues auraient été entraînées par suite du mauvais état des filtres, puis dans des bacs de précipitation, dans lesquels on a ajouté, préalablement, la quantité de sulfate de fer nécessaire. Quand toute la solution aurifère est écoulee, la précipitation est à peu près terminée. On brasse énergiquement, et après 18 à 24 heures de repos, on fait passer le liquide désaurifié qui contient encore pour fr. 1,31 à fr. 1,43 d'or par 1000 kil. de pyrites traitées, dans une cuve à filtre où tout cet or fin est retenu.

Un bac à chloruration pouvant contenir 4.081 kil. de schlichs grillés, coûte fr. 260 sans garniture en plomb, et dure au moins 3 ans sans réparation. Le filtre ne représente que la valeur de quelques sacs, il ne demande aucune attention, et il n'est remplacé que tous les 6 mois environ. La durée des autres cuves peut être considérée comme indéfinie ; les réparations ne consistent qu'à changer quelques cercles à des intervalles éloignés.

Les résidus de la chloruration sont échantillonnés, essayés et rejetés s'ils sont suffisamment pauvres.

La récolte du précipité se fait tous les 15 jours. Il est lavé dans un vase émaillé et laissé en repos pendant une nuit ; le liquide surnageant est siphonné et retourne dans un des bacs de précipitation. La poussière métallique est mise dans un plat en tôle émaillée, séchée, puis fondue avec du borax.

Frais spéciaux de chloruration. — Pendant l'exercice de 1894-95, on a chloruré 3.865 tonnes de schlichs

crus, les frais spéciaux de chloruration ont été de fr. 50,28 par tonne de pyrite.

Rendement. — Le rendement en or à la chloruration est en moyenne de 95 p. % de la teneur accusée par les essais.

Rendement total. — Le rendement total en or par amalgamation et chloruration est de 90 p. %.

Résultats économiques. — Nous donnons ci-dessous les résultats économiques de l'entreprise pendant 4 ans, toutes les dépenses étant rapportées à la tonne de minéral.

	EXERCICE 1892-93	EXERCICE 1894-95	EXERCICE 1895-96	EXERCICE 1896-97
Minerai traité..... tonnes.	215.172	218.834	239.149	219.517
Schlichs aurifères produits..... »	?	3.839	3.988	?
— traités..... »	3.885	3.865	?	4.214
DÉPENSES				
Mine..... francs.	3 440	3 153	3 148	»
Usine... { Broyage, amalgamation, concentration.	2 523	2 064	1 993	»
{ Chloruration..... »	0 975	0 917	0 652	»
Installations et constructions nouvelles... »	»	0 459	»	»
Fret. assurances sur lingots, etc..... »	0 802	0 172	0 213	»
Frais généraux..... »	»	1 089	0 662	»
Dépense par tonne..... »	7 740	7 854	6 668	7 051
Bénéfice par tonne..... »	9 040	7 338	10 351	9 001
Produit par tonne..... »	16 780	15 192	17 020	16 052

Dans l'exercice de 1896-97, on a consacré 410.602 fr. à des constructions exceptionnelles ; on voit donc que, même en amortissant d'avance tous les travaux neufs, il suffit d'un rendement un peu inférieur à 2,50 grammes d'or par tonne de minerai, pour couvrir tous les frais d'exploitation et de traitement, les frais généraux, etc.

C. DISTRICT DES BLACK-HILLS, DAKOTA
(Etats-Unis) (1).

Gisement et minerais. — L'or d'une partie de ce district se trouve dans du quartz et des pyrites disséminés dans une vaste bande de schistes micacés amphiboliques, d'argilites, de phyllites et imprégnant les schistes eux-mêmes. La zone exploitable a environ 2500 mètres de long et de 15 à 120 mètres de large. Les principaux minéraux associés, en dehors de la pyrite de fer, sont : la chalcoppyrite, un peu de pyrite arsénicale, du grenat et de l'asbeste : la pyrite arsénicale accompagne généralement le métal précieux.

Dans la partie supérieure du gisement, l'or s'amalgame plus facilement que celui provenant des travaux situés au-dessous du niveau des eaux permanentes ; les minerais non altérés par les agents atmosphériques peuvent cependant être classés parmi les plus faciles à traiter par l'amalgamation. On ne connaît pas leur teneur, car on ne fait pas d'essais méthodiques, mais on est fondé à croire qu'elle est un peu supérieure à 7 grammes d'or à la tonne ; elle est descendue à 3,20 grammes au moulin Deadwood-Terra. La quantité de pyrites varie de 0 à 6 p. %.

(1) Les renseignements qui suivent ont été puisés dans un rapport du professeur H. O. Hofman.

Mode de traitement. — Pour tirer parti de minerais aussi pauvres, il est nécessaire de les traiter rapidement et d'extraire la plus grande quantité d'or possible par les procédés les moins coûteux. Dans ce but, on a pris un moyen terme entre les deux méthodes d'amalgamation extrêmes, qui consistent : l'une à retenir dans les mortiers la plus grande partie de l'or au détriment de la capacité de broyage, l'autre à ne considérer le bocard que comme appareil de pulvérisation, l'extraction du métal se faisant principalement en dehors. On est arrivé à ce résultat, en modifiant progressivement le mortier ; la forme actuelle, portant le nom de Homes-take, nom de l'usine où elle a été définitivement fixée, sert de modèle dans les moulins les plus modernes.

Usines et conditions de marche. — Les usines traitant les minerais à or amalgamable de Black-Hills, ainsi que leurs conditions de marche, sont réunies dans le tableau suivant :

	HOMESTAKE	GOLDEN-STAR	HIGHLAND	DEADWOOD-TERRA (1)	COLUMBUS	MOYENNES (2)
Nombre de pilons	100	160	140	160	10	»
Poids des pilons..... kilos.	400	400	400	400	385	400
Nombre de coups par minute.....	85	85	85	88	90	87,5
Hauteur de chute..... millimètres	241	241	241	246	203	234
— de décharge.....	229 à 279	229 à 279	229 à 279	241 à 304	203 à 251	232 à 285
Minerai broyé par pilon et par 24 heures... kilos...	3.628	3.628	3.628	4.081	3.174	3.741
Capacité du moulin par jour	362,8	580,5	505	653	31,7	»
Travail développé pour broyer 1.000 kilos chev.-vap.	0,5	0,5	0,5	0,413	0,492	0,478
famille	Tôle perforée à orifices rectangulaires inclinés.	Tôle perforée à orifices rectangulaires inclinés.	Tôle perforée à orifices rectangulaires inclinés.	Tôle perforée à orifices rectangulaires inclinés.	Fils de bronze.	»
	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	»
	30	30	30	30	30	30
	7	7	7	7	9	7
	126,98	126,98	126,98	183,64	»	141
Mercurc consommé par tonne	7,77	7,77	?	5,34	»	6,96
Eau consommée par pilon et par minute. grammes	14,76	14,76	14,76	16,33	9,84	15,15
— pour 1 de minerai	5,85	5,85	5,85	5,77	4,51	5,30
Or brut obtenu pour 100 d'amalgame.....	38 à 40	38 à 40	38 à 40	25	?	»
Titre des lingots..... millèmes	820	820	820	820	?	820

(1) Le moulin de Deadwood-Terra est arrêté depuis 1893 à cause de l'appauvrissement progressif du minerai.

(2) Non compris le moulin très peu important de Columbus.

Les moulins Homestake et Golden-Star appartiennent à la Compagnie Homestake, mais cette Société a sous sa direction la partie technique des moulins Highland et Deadwood-Terra.

Disposition des usines. — Les batteries accouplées sont disposées en 2 rangées adossées, comme dans le moulin Highland. Dans cette usine, chaque rangée a un arbre principal placé à l'arrière des pilons sur les semelles de la charpente du bocard. Au Golden-Star, cet arbre est situé à peu près au niveau des arbres à cames, et repose sur une charpente qui peut être indépendante de celle des batteries. Dans ce cas, les courroies de commande des cames sont presque horizontales et elles n'ont pas besoin de tendeurs ; aussi, au moulin Highland, consomme-t-on, pendant le même temps, 3 courroies au lieu de 2 à Golden-Star ; par contre, la charpente placée devant le bocard, intercepte une partie de la lumière si nécessaire au travail des plaques amalgamées.

Moteurs. — Les moteurs sont tous à vapeur. L'eau nécessaire aux besoins est achetée à des compagnies particulières, au prix de fr. 2,96 par pilon et par jour. En hiver, l'eau devenant rare, les résidus du traitement se rendent dans de grands réservoirs, d'où l'eau claire est élevée au moyen de pompes.

Concassage. — A la sortie de la mine, les minerais sont versés dans des concasseurs. Avant 1889, le concassage se faisait dans des broyeurs du type Blake, mais ils ont été remplacés par des concasseurs Gates. Avec la même force employée pour 3 Blake, un Gates n° 3 broie, avec un seul homme, 200 tonnes en 10 heures, tandis que pour arriver au même résultat avec les anciens appareils, il fallait 20 heures et 5 ouvriers. Le

broyeur est réglé de manière à concasser à la grosseur de 3,8 à 4,4 centimètres, et à mesure que le noyau et les plaques s'usent, on remplace celles-ci par 3 séries de pièces d'une épaisseur croissante. Un noyau peut durer 5 mois.

A l'orifice du puits Homestake, se trouve un concasseur qui n'est mis en marche que lorsque celui d'un des 2 moulins de la Compagnie est en réparation.

Après concassage, le minerai est transporté aux trémies du bocard, pour passer ensuite dans des distributeurs Henry Challenge ou Tulloch. Les premiers sont beaucoup plus chers, mais ils marchent aussi régulièrement avec des minerais boueux qu'avec des secs, ce qui n'est pas le cas pour les seconds.

Mortiers. — La largeur des mortiers, au niveau de la décharge de la pulpe, est de 0^m,33 ; toute la partie inférieure, ainsi que le bas du conduit à minerai, sont garnis de plaques en acier de 2,2 centimètres d'épaisseur ; enfin il y a un faux fond en acier de 6,3 centimètres de haut. Le poids des mortiers est de 3307 kil. Quoiqu'ils soient disposés pour recevoir 2 plaques amalgamées, on n'en emploie qu'une seule de 0^m,127 de large, qui est fixée à des *chuck-blocks* de hauteurs différentes. A Colombus, la largeur des mortiers n'est que de 0^m,305 au lieu de 0^m,33.

Pilons. — Dans tous les moulins dirigés par la compagnie Homestake, le poids des pilons était à l'origine de 385 kil., mais on a augmenté celui des mentonnets et des têtes, de sorte qu'il est actuellement de 400 kil. Les flèches durent environ 3 ans avant qu'il soit nécessaire de ressouder une extrémité ; la durée des têtes en fonte est de 5 ans.

Sabots et dés. — L'administration des usines possède

une fonderie qui fabrique les noyaux et les plaques intérieures des concasseurs, les mortiers, les mentonnets, les cames, les dés, etc., aussi toutes ces pièces sont-elles en fonte, tandis que presque partout ailleurs elles sont en acier, à l'exception des mortiers et quelquefois des dés.

Les sabots, en fonte dure, sont achetés par grande quantité à la fois à Chicago ; ils coûtent rendus : fr. 28,70 les 100 kil. Neufs, ils pèsent 63^k,42 et usés 18^k,22, soit une différence de 45^k,30 pour un broyage de 245 tonnes de minerai, ou 185 grammes par 1.000 kil. ; ils durent 2 mois. Les rebuts, auxquels on ajoute de la fonte grise, servent à la fabrication des dés, afin d'obtenir un métal légèrement moins dur que celui des sabots. Le diamètre des dés est de 0^m,229, et la hauteur de la partie cylindrique 0^m,127. Neufs, ils pèsent 54^k,81 et 13^k,50 quand ils sont usés, c'est-à-dire une différence de 41^k,32 pour un broyage de 162 tonnes, ou 256 grammes par 1000 kil. de minerai broyé. La fonderie fournit les dés au prix de fr. 22,90 les 100 kil. ; ils durent 6 semaines. La consommation totale de fonte est donc de 501 grammes par tonne de minerai, représentant une valeur de fr. 0,11. Les sabots deviennent légèrement concaves et s'usent plus régulièrement que les dés.

Les sabots en acier chromé n'ont pas donné d'aussi bons résultats que ceux en fonte ; les dés en acier s'usaient plus régulièrement que les actuels, mais ils ont été abandonnés à cause de leur prix élevé.

Les sabots en ferro-aluminium ont donné de bons résultats, mais ils coûtent trop cher.

Ordre de chute. — Lors de la mise en marche des usines, l'ordre de chute des pilons de 2 batteries accouplées, avec un seul arbre, était : 1, 5, 9, 7, 3, 2, 6, 10, 8, 4,

mais le minerai tendant à s'accumuler vers l'un des côtés du mortier, on adopta l'ordre actuel : 1, 7, 3, 9, 5, 2, 8, 4, 10, 6, qui ne présente pas cet inconvénient. A Deadwood-Terra, où les batteries sont indépendantes, l'ordre était : 1, 4, 2, 5, 3.

Hauteur de chute, etc. — La hauteur de chute varie de 0^m,229 à 0^m,241 ; la vitesse est de 85 à 88 coups par minute ; il en faut 9 pour que la flèche fasse une révolution complète.

Hauteur de décharge. — Dans tous les moulins, on cherche à maintenir la hauteur de décharge aussi régulière que possible, au moyen de *chuck-blocks* de hauteurs différentes. Ceux-ci se composent d'un plateau en bois de 5 centimètres d'épaisseur, portant la plaque amalgamée et vissé sur une planche débordant de 4,4 centimètres. Quand on met des dés neufs, on se sert d'un *chuck-block* de 0^m,175 de haut, de manière à ce que la hauteur de décharge soit de 0^m,225. Quinze jours après, on met un nouveau *chuck-block* de 0^m,125 ; la différence de 5 centimètres correspond à l'usure des dés. Au bout de 5 à 6 semaines de service, ceux-ci sont complètement usés, et la hauteur maxima de la décharge a atteint 0^m,279. La plaque de cuivre amalgamé du premier *chuck-block* est plane, tandis que celle du second est convexe et fixée sur un plateau plus épais afin de la rapprocher des pilons. A Deadwood-Terra, on employait 3 *chuck-blocks* ayant respectivement : 0^m,125, 0^m,150 et 0^m,175 de hauteur.

Tamis. — Dans les usines considérées, les tamis sont en tôle de fer doux perforée de trous rectangulaires inclinés, dont la largeur correspond au n° 30 des toiles métalliques. Généralement ils se brisent avant d'être usés, à cause des éclats de bois provenant des

boisages des mines. Dans aucun cas on ne les conserve jusqu'à usure complète, parce que les orifices s'élargissent et le broyage devient trop grossier ; on les remplace en moyenne tous les sept jours, s'ils ne sont pas détériorés avant.

Des essais ont été faits dans le but de savoir comment l'or était réparti dans la gangue et de déterminer la finesse du broyage la plus convenable, en prenant pour base les tamis ordinaires correspondant au n° 30 des toiles métalliques. Pendant plusieurs jours, des échantillons des résidus du traitement furent pris toutes les heures ; on les sécha, pesa et tamisa sur des cribles de diverses grosseurs ; les produits furent essayés séparément, et l'on obtint les résultats suivants :

	Proportion pour 100	Valeur de l'or contenu par tonne
Refus du tamis n° 40.....	3,40	14' 35
— — n° 50.....	2,53	11' 08
Passant par le tamis n° 50..	94,07	6' 50

D'autres expériences faites en 1888, sur des résidus renfermant une valeur en or de fr. 10,40 à la tonne, ont montré que les refus du tamis n° 30 correspondant à 6 p. % du poids total de l'échantillon, contenaient pour une valeur de fr. 26,10, c'est-à-dire à peu près celle du minerai lui-même. On voit donc que l'or est très disséminé et que la quantité de métal précieux dans les résidus augmente rapidement avec la grosseur des sables ; c'est pour cette raison que les tamis sont fréquemment changés.

A Deadwood-Terra, où l'on traitait des minerais pauvres de surface qui ne contenaient pas d'éclats de bois, les tamis duraient plus longtemps, on les changeait tous les 9 jours. Au moulin Columbus, on emploie des tamis en fils de bronze. Chaque batterie en a trois ;

tous les jours on en remplace un qui est brossé afin d'enlever les grains de sable engagés dans les mailles ; il y en a toujours un de prêt en cas d'accident.

Capacité de broyage. — Dans les moulins Homestake, Golden-Star et Highland, un pilon broie en moyenne 3.628 kil. par 24 heures, et le travail développé pour pulvériser une tonne de minerai, est de 0,50 cheval-vapeur. A Deadwood-Terra, où les minerais étaient plus tendres, la capacité de broyage d'une flèche était de 4.081 kil., ce qui correspond à 0,413 cheval-vapeur.

Amalgamation. — L'amalgamation commence dans les mortiers ; la quantité de mercure que l'on y verse journellement varie comme le montre le tableau suivant :

	NOMBRE de pilons.	MERCURE employé Grammes.	SOIT PAR TONNE Grammes.
Homestake.	100	5.496	15,14
Golden-Star.....	160	10.962	18,88
Highland.....	120	7.761	15,36
Deadwood-Terra.....	160	5.103	7,81

Ces variations proviennent de la différence de richesse des minerais. Ainsi, la teneur moyenne à Golden-Star, est d'environ 7,23 grammes d'or à la tonne, tandis qu'à Deadwood-Terra, elle n'était que de 2,81 grammes. Le rapport entre le poids du mercure mis dans les mortiers et celui de l'or contenu dans le minerai, est donc :: 4,6 : 1 dans le premier cas, et :: 2,77 : 1 dans le second.

En sortant de la batterie, la pulpe tombe sur une

table recouverte de plaques de cuivre amalgamé de 4,7 millimètres d'épaisseur et d'une largeur de 1^m,350. La longueur totale est de 3 mètres aux moulins Homestake et Golden-Star ; 2^m,40 à Highland, et 3^m,30 à Deadwood-Terra ; la pente de la plaque amalgamée était de 16,66 p. % dans cette dernière usine ; elle est de 12,50 p. % dans les autres.

La pulpe de 2 tables passe ensuite sur une autre de même largeur et de 0^m,90 à 1^m,20 de longueur, puis dans une ou deux trappes à mercure que nous avons décrites page 632, tome XII, 3^e livraison. De là, elle se rend sur des tables à secousses terminales, et les résidus de ces appareils se réunissent dans un canal de 0^m,45 de large, incliné de 8 p. %, dont le fond est couvert de plaques amalgamées, pour passer dans une dernière trappe à mercure (Fig. 42), page 633, tome XII, 3^e livraison, avant d'aller au ruisseau.

Tous les matins, on récolte l'amalgame déposé sur les tables d'amalgamation (1). Cette opération ne se fait que 2 fois par mois pour les plaques des *chuck-blocks* et celles des canaux. Les trappes à mercure sont vidées toutes les deux semaines ; le produit est traité dans un *pan*, et les résidus sont bocardés dans une batterie spéciale, dont le tamis en tôle perforée a des ouvertures correspondant à peu près au n° 45 des toiles métalliques.

Nettoyage général. — La récolte complète de l'amalgame, se fait le premier de chaque mois. Il sera peut-être intéressant de décrire cette opération avec quelques détails, afin de montrer avec quelle rapidité elle peut se faire dans une grande usine quand le travail est bien

1) Voir page 616, tome XII, 3^e livraison, la manière d'amalgamer les plaques de cuivre.

organisé ; nous prendrons pour exemple le moulin Golden-Star, lorsqu'il avait 120 pilons.

A 6 h. 45 minutes du matin, les distributeurs sont éloignés des batteries ; les pilons marchent à une vitesse de 30 à 40 coups par minute, et à 7 heures il ne reste que très peu de minerai dans les mortiers. Le bocard est arrêté. Les tamis et les toiles placées devant, sont enlevés des 12 batteries formant une rangée et sont grossièrement lavés à la lance, puis mis de côté pour un nettoyage plus complet.

Six *chuck-blocks* sont déposés sur 2 tables amalgamées, où 4 ouvriers, sous la surveillance du contre-maître, enlèvent l'amalgame avec un ciseau, en ayant soin de ne pas mettre le cuivre à nu. Du mercure est ensuite répandu en gouttelettes sur les *chuck-blocks* et également réparti sur toute la surface, au moyen d'une brosse et d'un peu de sable fin, puis après lavage, on passe une brosse de peintre pour rendre la plaque bien unie.

L'amalgame recueilli est rassemblé à la partie supérieure d'une table d'amalgamation. Tous les *chuck-blocks* sont traités de même en 4 séries de 6 chacune. Pendant ce temps, une autre équipe lave à la lance la lèvre et les rainures de chaque mortier, en recueillant tout l'amalgame qui peut s'y trouver, ainsi que celui déposé sur les tables pendant les dernières 24 heures ; puis on répand sur les plaques quelques gouttelettes de mercure que l'on étend uniformément.

Une troisième brigade d'ouvriers est chargée du nettoyage de l'intérieur des mortiers aussitôt que l'opération précédente est terminée. Pour cela, on pose à la partie supérieure d'une table d'amalgamation, un petit plancher destiné à protéger les plaques sur lequel se placent deux ouvriers. Les pilons sont soulevés ; l'eau restant dans le mortier est évacuée et toutes les matiè-

res recouvrant les dés sont déposées sur le plancher. Les dés sont enlevés et grossièrement nettoyés; ceux qui doivent être changés sont mis de côté pour être soigneusement visités plus tard, tandis que les autres sont déposés sur le sol de l'atelier pour être remis en place sans nettoyage, avec les nouveaux dés, quand tous les sables seront sortis du mortier. Tout l'amalgame attaché aux parois est dégagé et réuni à celui déjà recueilli. Les sabots hors de service sont remplacés; le *chuck-block* et le tamis sont remis en place après avoir rejeté dans le mortier les fragments précédemment déposés sur le plancher. La chute des pilons est régularisée et les plaques extérieures dressées comme à l'ordinaire. On enlève ensuite l'amalgame des canaux conduisant aux trappes à mercure, on dresse les plaques, les trappes sont vidées, et quand tout est en ordre, on remet en marche.

Tous les ouvriers du moulin sont employés au nettoyage général, et le poste de nuit fait 6 heures supplémentaires. Le travail, organisé comme il vient d'être dit, ne dure que 7 heures, sans avoir recours à une main-d'œuvre extraordinaire, tandis qu'autrefois il fallait un jour entier.

Quand l'usine est de nouveau en marche, les sables provenant des mortiers, sont traités dans un berceau (Fig. 43 à 45), comme il a été dit, page 648, tome XII, 3^e livraison; les refus retournent aux pilons, et les sables riches sont passés dans un *pan* ordinaire (Fig. 4, PL. XIII, tome XII, 3^e livraison).

Tout l'amalgame provenant du nettoyage général est chargé dans un second *pan* de 1^m,50 de diamètre, avec 272 à 317 kil. de mercure, un faible courant d'eau arrivant continuellement dans l'appareil; la vitesse des sabots est de 30 tours par minute. Au bout de 3 heures environ, l'amalgame est rassemblé et l'eau presque

claire. On soulève les sabots, et le contenu du *pan* est déchargé par l'ouverture inférieure dans un récipient ; l'eau est siphonnée, le métal est séché et nettoyé avec une éponge, puis comprimé.

Les morceaux d'outils, de vieux sabots et dés retirés des mortiers et du berceau, sont soigneusement visités pour en retirer l'amalgame qui peut y être attaché ; ils sont mis en tas et arrosés de temps à autre avec une solution de sel marin pour en hâter l'oxydation ; lorsque tout est transformé en oxyde de fer, on le traite dans le *pan* ordinaire.

Les éclats de bois provenant des batteries, etc., sont aussi mis de côté. Une fois par an ils sont brûlés, et les cendres sont amalgamées dans le *pan* ; on obtient ainsi chaque année, pour les 2 moulins Homestake et Golden-Star, 7^k,248 à 8^k,154 d'amalgame.

Distillation et amalgame. — La retorte est cylindrique ; son diamètre est de 0^m,30 et sa longueur de 0^m,90 ; elle peut contenir 453 kil. d'amalgame, mais on n'en charge ordinairement que 226 kil. ; l'opération dure 6 heures, et l'on consomme 0,875 stère de bois.

Le rendement de l'amalgame en or brut, est en moyenne de 38 à 40 p. ‰, excepté à Deadwood-Terra, où l'or étant très finement divisé, il n'était que de 25 p. ‰. Les lingots sont au titre de 820 millièmes ; ils renferment 165 millièmes d'argent et 15 de bas métaux.

Mercure et eau consommés. — A Homestake et Golden-Star, la consommation est de 7,77 grammes par tonne de minerai broyé ; elle n'était que de 5,34 à Deadwood-Terra.

La quantité d'eau nécessaire à tous les besoins, varie de 9,84 à 14,76 litres par pilon et par minute, correspondant à 4,51 et 5,85 pour 1 de minerai. En hiver la température descend quelquefois à 40 degrés au-

dessous de zéro ; l'échappement de vapeur va dans le réservoir du bocard, afin de maintenir l'eau aux environs de + 20 degrés (1).

Concentration. — Les pyrites contenues dans les minerais traités à Homestake, Golden-Star et Highland, renferment environ 8,35 à 13,35 grammes d'or à la tonne. Il y a quelques années, il existait un atelier spécial de concentration par couvertures, mais les dépenses étant très élevées, il fut supprimé. On introduisit alors des tables à secousses terminales, mais le nombre en est dérisoire. Ainsi, à Golden-Star, il n'y en a que 8 pour le lavage de 580 tonnes de minerai par 24 h., aussi retire-t-on à peine 2 p. % de schlichs d'un minerai qui contient 3 à 5 p. % de pyrites. A Columbus, avec des minerais à 15 p. % de sulfures, un seul concentrateur reçoit 14 tonnes et ne produit que 6 p. % de schlichs. La preuve que les moyens employés sont insuffisants, c'est qu'à quelques kilomètres en aval des usines, un industriel travaille avec profit les sables du ruisseau, avec 2 simples cribles à piston.

Rendement en or. — Pendant l'année finissant le 1^{er} juin 1894, les moulins Homestake et Golden-Star ont broyé 280.453 tonnes de minerai, qui ont produit en moyenne pour fr. 25,74 d'or par 1000 kil., ce qui correspond à environ 7,50 grammes d'or. On ne connaît pas la teneur réelle des minerais ni des résidus, parce qu'on ne fait pas d'essais méthodiques ; mais on a des raisons de croire que la perte dans les résidus dépasse

(1) Nous avons vu, page 645, tome XII, 3^e livraison, que des expériences récentes ont montré que la température de l'eau la plus convenable pour l'amalgamation, doit être inférieure à 10 degrés. Dans tous les cas, si l'eau est chauffée, il est nécessaire d'employer la vapeur provenant d'une chaudière spéciale, afin de ne pas introduire des matières grasses.

1,65 gramme par tonne, et que le rendement n'excède pas 75 p. %. A Deadwood-Terra, où les minerais traités venaient de la surface, le produit par tonne a été, pendant un certain temps, de 2,7 grammes par tonne, ce qui laissait cependant un léger bénéfice ; les résidus contenaient, dit-on, 0,50 à 0,75 grammes.

Pilon à vapeur. — De novembre 1888 au milieu de juin 1889, on a essayé un pilon à vapeur semblable à ceux employés avec tant de succès pour les minerais de cuivre du Lac Supérieur. Le mortier avait $0^m,66 \times 0,279$; les meilleurs résultats comme broyage furent obtenus avec une chute du pilon de $0^m,559$ et une vitesse de 95 coups par minute ; les tamis, en tôle perforée, dont les orifices correspondaient au n° 30 des toiles métalliques, étaient changés tous les 8 jours. On broyait 125 à 135 tonnes de minerai par 24 heures, avec une pression de vapeur de 6 kil. par centimètre carré ; avec 8 kil. on pulvérisait 192 tonnes ; la consommation d'eau fut de 3,98 pour 1 de minerai. La rapidité du broyage, les éclaboussures violentes produites par la chute des pilons et la grossièreté des sables, ne permirent pas de faire usage de plaques amalgamées intérieures. Les plaques extérieures avaient $3^m,60$ de long, $1^m,20$ de large et une pente de 14,58 p. %. La quantité de combustible consommée par tonne, était à peu près la même que pour les pilons ordinaires. En résumé, les expériences ont montré que les pilons à vapeur broient trop rapidement pour permettre une bonne amalgamation, ce qui les a fait abandonner.

Personnel. — Le personnel des moulins administrés par la compagnie Homestake, est réparti comme suit, ainsi que les salaires journaliers.

	HOMESTAKE 400 PILONS			GOLDEN-STAR 160 PILONS			HIGHLAND 120 PILONS			DEADWOOD-TERRA 160 PILONS		
	Nombre.	Postes. Heures.	Salaires. Franes.	Nombre.	Postes. Heures.	Salaires. Franes.	Nombre.	Postes. Heures.	Salaires. Franes.	Nombre.	Postes. Heures.	Salaires. Franes.
Surveillant de jour	1/3	12	41 50	1/3	12	41 50	1/3	12	41 50	1	12	36 40
— nuit	1/3	12	26	1/3	12	26 »	1/3	12	26 »			
Machinistes	2	12	18 20	2	12	18 20	2	12	18 20	2	12	15 60
Mécanicien-ajusteur	1	12	22 10	1	12	22 40	1	12	22 10	1	12	18 20
Aide mécanicien-ajusteur	1/3	12	18 20	1/3	12	18 20						
Chauffeurs	2	12	15 60	2	12	15 60	2	12	15 60	2	12	13 »
Chef amalgamateur	1	10	20 80	1	10	20 80	1	10	20 80	2	10	18 20
Aides amalgamateurs	4	12	18 20	4	12	18 20	4	12	18 20	4	12	15 60
Concasseurs	2	10	15 60	2	10	15 60	2	10	15 60	3	10	13 »
Ouvriers aux tréfiles, etc.	2	12	15 60	4	12	15 60	4	12	15 60	3	12	13 »
Graisseurs	2	12	15 60	2	12	15 60	2	12	15 60	2	12	13 »
Manceuvres	2	10	13 »	4	10	13 »	3	10	13 »	1	10	10 40
TOTAUX	19 1/6			23 1/6			21 2/3			21		

Frais spéciaux de traitement. — Pendant les exercices de 1887-88, 1888-89, 1893-94, on a broyé un total de 279.868 tonnes au moulin Homestake, et 465.869 tonnes à Golden-Star dont le nombre de pilons était de 120 avant 1893-94, puis de 160. Les frais spéciaux moyens de traitement ont été :

		HOMES-TAKE	GOLDEN-STAR
		Francs.	Francs.
Eau pour les besoins des usines.....		1,008	1,028
Main-d'œuvre.....		1,433	1,040
Fournitures	Combustible : bois et houille	1,481	1,334
	Sabots, dés, etc.	0,556	0,643
	Mercure	0,045	0,077
	Huile et graisse	0,024	0,032
	Bois de construction	0,029	»
	Tamis et divers	0,059	0,052
Frais spéciaux de traitement par tonne.		4,635	4,205

Remarques. — Les minerais traités par les usines précédentes sont très abondants, leur teneur est faible, mais l'or est facilement amalgamable; on est donc obligé de les broyer rapidement afin d'abaisser autant que possible le prix de revient. La méthode employée est parfaitement adaptée à la nature et à la richesse des minerais, à l'exception de la concentration qui n'existe pour ainsi dire pas; il est certain que si celle-ci était bien organisée, le rendement et les profits seraient augmentés.

Les moulins de Black-Hills et d'Alaska montrent le parti que l'on peut tirer de minerais pauvres en or, à la condition qu'ils soient abondants, d'une exploitation facile, et que le métal précieux soit facilement amalgamable.

D. DISTRICT DE GILPIN, COLORADO
(Etats-Unis).

Gisements et minerais. — Les filons de Black-Hawk et de Central-City traversent des gneiss granitoïdes qui constituent les montagnes de la contrée. Ils sont en relation avec des dykes d'andésite ; les gangues sont quartzeuses, feldspathiques et très pyriteuses.

Peu de temps après la découverte des gisements, on installa des moulins d'après le système californien. Les débuts furent heureux ; l'or des minerais de surface s'amalgamait facilement et était en particules relativement grosses ; mais à mesure que les travaux s'approfondirent, la proportion de pyrites augmenta, le métal devint de plus en plus fin et l'amalgamation plus difficile. De 75 pour 100, le rendement descendit à 60, puis, quand on arriva à la profondeur de 60 à 90 mètres, il tomba à 40 et enfin à 30. Les mines les plus riches furent seules travaillées, et l'on vit le moment où toutes les exploitations seraient arrêtées, lorsque, fort heureusement, des usines s'établirent pour le traitement des pyrites, dans lesquelles la plus grande partie de l'or se réunissait. On remarqua qu'en augmentant la profondeur de décharge des mortiers, ainsi que la finesse de la pulvérisation, les rendements s'amélioraient. On arriva ainsi à la méthode caractéristique du district : mortier large, pilons légers à grande chute, haute décharge et faible vitesse, toutes ces conditions facilitant le décapage des particules d'or ; depuis cette époque, les résultats ont été très satisfaisants.

En général, l'or est excessivement fin, et dans les parties pyriteuses n'ayant pas subi un commencement d'oxydation, des lavages à la batée ne montrent quelquefois pas la moindre paillette de métal.

Le minerai de la mine California, qui peut être considéré comme type du district, contient approximativement 10 à 20 pour 100 de pyrites, 15 à 20 pour 100 de quartz et 60 à 70 pour 100 de remplissage. Celui-ci est formé de débris de la roche encaissante altérée, consistant en andésite provenant d'un dyke que traverse le filon, et de gneiss granitoïde. Parmi les sulfures, les pyrites de fer et de cuivre dominant ; elles sont quelquefois en nodules ou en veinules que l'on peut séparer par un triage ; vient ensuite le cuivre gris, puis quelquefois du mispickel et de la blende ; enfin, du carbonate de fer dans les travaux supérieurs. Le minerai a une teneur moyenne de 17 grammes d'or à la tonne.

Des essais faits sur un échantillon moyen pris à la profondeur de 500 mètres, ont montré que la distribution de l'or dans les diverses gangues était la suivante, par tonne :

	OR Grammes	ARGENT Grammes	REMARQUES
Pyrite de fer.....	20,05	150,35	Blanche, grossièrement cristalline.
— cuivre.....	26,35	1.658,50	Esquilleuse, jaune sombre.
Cuivre gris.....	27,90	1.198,15	Recouvrant principalement la pyrite de cuivre
Blende.....	4,96	199,95	Noire, cristalline.
Quartz blanc.....	102,92	227,85	Opaque, non cristallisé, avec petits cristaux.
— bleuâtre.....	110,36	181,04	de pyrites disséminés dans la masse.
— vitreux.....	5,58	58,90	Brun.
Gangue feldspathique.....	27,90	72,85	Tendre, granulaire, blanche.

Le quartz blanc et bleuâtre est donc la gangue véritablement aurifère. Le remplissage est aussi riche que les divers sulfures, tandis que la blende, — et la galène quand il s'en trouve — sont pauvres ; enfin, l'argent est principalement associé au cuivre.

Conditions de marche des moulins. — Le tableau suivant donne les conditions de marche des moulins de Black-Hawk :

	HIDDEN- TREASURE	PRIZE	GREGORY BOBTAIL	NEW-YORK	RANDOLF	MOYENNES
Nombre de pilons	75	25	125	75	50	»
Poids des pilons, kilos	249	226	249	272	226	244
Nombre de coups par minute	30 à 32	28 à 30	27 à 30	26	30	29
Hauteur de chute, millimètres	406 à 457	381 à 439	406 à 457	457 à 508	406 à 457	437
— décharge, millimètres	330 à 381	330 à 406	279 à 330	330 à 381	355 à 406	353
Minerai broyé par pilon et par 24 heures, kilos	1.034	725	943	970	845	903
Capacité du moulin par jour, tonnes	77 55	16 31	117, 87	72, 75	42, 25	»
Travail développé pour broyer 1.000 kil., cheval-vap.	0, 715	0, 823	0, 721	0, 78	0, 769	0, 76
	Tôles perforées à orifices rectangulaire. horizontaux alternés.	Tôles perforées à orifices rectangulaire. horizontaux alternés.	Tôles perforées à orifices rectangulaire. horizontaux alternés.	Tôles perforées à orifices rectangulaire. horizontaux alternés.	Tôles perforées à orifices rectangulaire. horizontaux alternés.	Tôles perforées à orifices rectangulaire. horizontaux alternés.
Nature	0, 33	0, 33	0, 43 à 0, 25	0, 33	0, 33	»
Diamètre des orifices, millimètres	50	50	40 à 60	50	50	»
Numéro correspondant des toiles métalliques	81	75	60	25	16	51
Durée, jours	418, 77	371, 87	282, 90	421, 2	67, 6	230, 26
Tonnes broyées pendant le service	13	12	14	15	20	14, 8
Schlichs } Proportion pour 100 de minerai	355, 60	270, 40	270, 40	189, 30	270, 40	322, 25
produits { Valeur par tonne, francs		à 355 60	à 676	à 270, 40		
	6, 68	15, 03	8, 06	5, 73	15, 19	10, 14
Mercure consommé par tonne, grammes	9, 08	7, 26	10, 44	5, 90	6, 35	7, 80
Eau consommée par pilon et par minute, litres	12, 68	14, 42	15, 73	8, 75	10, 82	12, 48
— pour 1 de minerai	40	35	40	40	33 à 47	39
Or obtenu pour 100 d'amalgame	782 à 786	750 à 775	800 à 850	750 à 800	750 à 850	789
Titre des lingots, millièmes						

Triage. Concassage. — Les minerais sont généralement triés à la mine pour enlever les morceaux de pyrite pure, qui est vendue avec les schlichs aux fonderies voisines.

Aucun moulin n'a de concasseurs ni de distributeurs automatiques. L'alimentation se fait à la main ; un ouvrier par poste suffit au service de 25 pilons, et brise avec une masse les morceaux trop volumineux.

Mortiers, etc. — L'or étant à un grand état de division, la pulvérisation est poussée très loin pour le libérer de sa gangue, et le séjour dans le mortier est long, afin que les particules de métal puissent être décapées. Ces résultats sont obtenus, en faisant du bocard un appareil d'amalgamation plutôt que de broyage. Le mortier est très large au niveau de la décharge, — 0^m,609 au lieu de 0^m,444 à Grass-Valley — le poids faible des pilons est compensé par la hauteur de chute qui est considérable ; — 0^m,353, au lieu de 0^m,101 à North-Star, Grass-Valley — enfin la vitesse est faible ; l'eau est peu agitée, les sables reviennent constamment sous les pilons jusqu'à ce que le minerai soit finement pulvérisé et l'or bien décapé.

Sabots et dés. — Les sabots et les dés sont en fonte ou en acier chromé. Les rebuts d'acier ne pouvant être revendus, la dépense est plus grande que pour la fonte ; mais la raison principale qui a fait abandonner ce métal, c'est que les sabots en acier chromé s'usent plus irrégulièrement que ceux en fonte.

L'absence de concasseurs et de distributeurs automatiques fait que le minerai est livré aux pilons en morceaux irréguliers et très inégalement ; aussi, malgré la dureté assez faible de la roche, l'usure des sabots est-elle très rapide, comme le montre le tableau suivant :

	FONTE		ACIER CHROMÉ	
	Sabots.	Dés.	Sabots.	Dés.
Poids des pièces neuves kil.	37,60	21,74	49,83	24,91
— usées.. »	12,23	11,78	14,04	11,32
Consommation totale.. »	25,67	9,96	35,79	13,59
Nombre de tonnes broyées pendant le service.....	72,5	70,7	182,2	144,2
Consommation p'tonne gram.	350	147	189	94
Prix du métal par 100 k. fr.	46	46	92	92
Valeur des rebuts — »	11,40	11,40	»	»
Dépense par tonne de minerai	0,22	0,12	0,25	0,16
Dépense totale par tonne de minerai... ..	0,34		0,45	

Tamisi. — Les tamis proviennent d'une fabrique locale. Ils sont en tôle de fer doux, perforée d'orifices rectangulaires horizontaux et alternés, dont la largeur correspond aux numéros 40, 50, 60 — mailles de 0,43, 0,33, 0,25 millimètres — des toiles métalliques. Leur durée varie de 16 à 81 jours. Tous les moulins sont situés le long d'un ruisseau, dans l'ordre indiqué par le tableau page 67, le plus élevé étant celui de Hidden-Treasure. En passant d'une usine à l'autre, l'eau se charge progressivement d'acide sulfurique provenant de la décomposition partielle des pyrites qui ronge les tamis. Entre les moulins Gregory-Bobtail et New-York, le ruisseau reçoit en outre, l'eau très acide des mines supérieures, aussi la durée des tôles perforées diminue-t-elle rapidement : à Hidden-Treasure, un tamis peut passer 418 tonnes, tandis qu'à Randolph, ce chiffre descend à 67.

Capacité de broyage. — Le broyage étant sacrifié à l'amalgamation, la quantité de minerai pulvérisé est faible ; la moyenne est de 983 kilos par pilon et par 24

heures, et la force développée pour broyer une tonne de minerai est de 0,76 cheval-vapeur.

Amalgamation, etc. — Les mortiers ont 2 plaques amalgamées : une à l'avant, une autre à l'arrière. L'amalgamation est continuée sur des plaques extérieures, puis la pulpe passe sur des couvertures suivies de concentrateurs. Les schlichs sont vendus à des usines locales, qui les traitent pour matte que l'on expédie à Denver, capitale du Colorado, pour être désaurifiée. Les fondeurs paient 95 pour 100 de la valeur de l'or et de l'argent, sous déduction de fr. 45,86 par tonne pour frais de traitement.

Mercure et eau consommés. — La consommation de mercure est comprise entre 5,73 et 15,19 grammes par tonne de minerai ; les deux moulins qui en consomment le plus, sont ceux où la hauteur de décharge est la plus grande. En général, elle serait moins forte si les usines ne travaillaient pas à façon, car des nettoyages et des distillations fréquents, occasionnent nécessairement des pertes.

Hidden-Treasure (Moulin de). — Le moulin Hidden-Treasure est le meilleur du district ; c'est le seul que nous décrivons.

Minerai. — Le minerai provient principalement de la mine California dont nous avons parlé, mais on réserve un certain nombre de pilons pour le travail à façon.

Triage. — Un triage préliminaire se fait à la mine pour séparer les nodules et les veinules de pyrite massive ; elles représentent environ 2 pour 100 du poids total du minerai.

Moteurs. — Pendant 4 mois de l'année, le moulin marche à l'eau ; pendant 4 autres mois avec la vapeur, et le reste du temps avec les deux moteurs.

Bocard. — Le bocard comprend 75 pilons divisés en 15 batteries de 5 chacune ; leur poids est de 249 kilos.

Mortiers. — Les mortiers ont une largeur de 0^m,609 au niveau de la décharge.

Sabots et dés. — Les sabots en fonte ont une hauteur de 0^m,14, un diamètre de 0^m,203, un poids de 37^k,60 à 38^k,90 quand ils sont neufs, et de 12^k,23 lorsqu'ils sont hors de service ; l'usure est de 350 grammes par tonne de minerai broyé. Les dés, également en fonte, ont une hauteur de 8,9 centimètres ; leur diamètre est légèrement plus grand que celui des sabots. Neufs, ils pèsent 20^k,83 à 21^k,74 et 11^k,78 environ quand ils sont hors de service ; l'usure est de 140 grammes par tonne de minerai, ce qui fait une consommation totale de fonte de 490 grammes et une dépense de fr. 0,462.

Ordre de chute, etc. — L'ordre de chute pour chaque batterie est : 1, 5, 2, 4, 3, et la hauteur varie suivant l'usure des dés. Le nombre de coups est de 30 à 32 par minute ; chaque flèche fait 1,25 à 1,50 révolution complète par coup. Cette grande vitesse de rotation, qui consomme inutilement de la force, a pour but, dit-on, — évidemment à tort — d'aider à la pulvérisation.

Hauteur de décharge. — La hauteur de décharge varie aussi beaucoup : elle est comprise entre 0^m,33 et 0^m,381.

Tamis. — Les tamis sont en tôle perforée ; les bavures produites par le poinçonnage ne sont pas enlevées. Les orifices sont horizontaux et alternés ; leur largeur, de

0,33 millimètre, correspond au n° 50 des toiles métalliques.

Capacité de broyage. — Chaque pilon broie 1.034 kilos de minerai par 24 heures ; le travail développé par une flèche pour pulvériser une tonne de minerai est de 0,715 cheval-vapeur.

Amalgamation. — Elle se fait principalement dans les mortiers qui contiennent chacun 2 plaques amalgamées. Toutes les heures on verse, dans chaque batterie, environ 3,60 grammes de mercure, ce qui représente 16,9 grammes par tonne de minerai broyé, c'est-à-dire un poids égal à celui de l'or contenu.

En sortant de chaque batterie, la pulpe tombe sur des plaques de cuivre amalgamé de 1^m,20 de large et de 3^m,60 de long ; en raison de la grande proportion de pyrites, leur pente est de 20,83 pour 100.

Les tables sont dressées toutes les 12 heures et nettoyées avec une solution de 4 de cyanure de potassium pour 100 d'eau. L'amalgame est récolté toutes les 24 heures, tandis que celui des plaques intérieures ne l'est que tous les 2 jours ; si le minerai est pauvre, l'amalgame n'est recueilli qu'à des intervalles plus éloignés.

En quittant les plaques amalgamées, la pulpe passe sur des couvertures de 0^m,90 de long et de 0^m,457 de large ; elles sont lavées toutes les 2, 4, 8 heures, suivant la teneur en pyrites ; les couvertures paraissent inutiles, car tout ce qu'elles retiennent, le serait par les concentrateurs qui les suivent.

Concentration. — Cette opération se fait sur des tables Rittinger modifiées. Le nombre moyen des secousses est de 130 par minute. Une seule table reçoit la pulpe de 2 batteries, c'est-à-dire 10 tonnes de matières solides en 24 heures ; il n'est pas possible, à notre

avis, d'obtenir une bonne séparation des pyrites, avec une charge aussi considérable.

Les produits des couvertures et des concentrateurs, représentent 13 pour 100 du minerai broyé ; ils sont vendus aux fonderies locales aux conditions indiquées précédemment.

Nettoyage général. — Lors du nettoyage général, qui se fait ordinairement tous les mois pour la partie du moulin ne travaillant pas à façon, les sables retirés des mortiers sont repassés sans traitement dans les batteries. L'amalgame de toutes les plaques est broyé dans un petit mortier avec de l'eau chaude, jusqu'à ce que sa consistance soit uniforme. L'eau sale est décantée, et l'on ajoute du mercure jusqu'à ce que le mélange soit très fluide ; on le transvase plusieurs fois pour séparer les sables et la pyrite. Le métal liquide est comprimé, les écumes pyritouses sont replacées dans le petit mortier pour être broyées avec de l'eau et du mercure, et lorsque, après des décantations successives, les matières solides ont été entraînées, on ajoute une petite quantité de cyanure pour rendre le mercure plus actif.

Amalgame. — La quantité d'amalgame retirée des mortiers, représente les deux tiers de la totalité, le reste provient des plaques extérieures.

La retorte est enduite d'un lait de chaux à l'intérieur ou garnie d'un papier mince. Les boules d'amalgame sont brisées avec une tige en fer et pressées à la main jusqu'à ce que la masse ait une consistance uniforme.

Le rendement de l'amalgame en métal brut, est de 40 pour 100 ; le titre des lingots est de 782 à 786 millièmes.

Mercure et eau consommés. — La consommation de mercure est de 6,68 grammes par tonne de minerai

broyé; elle serait encore moins grande, si un certain nombre de pilons ne travaillaient pas à façon.

La quantité d'eau nécessaire à toute l'usine, est de 9,08 litres par pilon et par minute, ou 12,68 pour 1 de minerai.

Rendement en or. — Des essais ont été faits en 1891, sur une certaine quantité de minerai dans le but de déterminer le rendement en or; les résultats ont été les suivants :

Le minerai expérimenté				
contenait gr. or.....	230 36	Arg..	1.093 68	
On a obtenu :				
Provenant de l'amalgame, or	162 ^g ,75	} 215 69	434 316 80	} 750 80
Provenant de la pyrite triée et des schlichs.	52 ^g ,94			
Perte, grammes.....	Or 14 67	Argent..	342 88	
Soit un rendement total pour 100.....	— 93 63	—	68 44	

Ces essais ont été faits sur une trop petite quantité de minerai, pour mériter une grande confiance. Il nous paraît à peu près impossible, qu'avec des minerais comme ceux de Gilpin et la concentration défectueuse employée, on puisse arriver à un rendement total de 93,63 pour 100.

Prix de revient du traitement. — En 1891, les frais totaux de traitement par tonne de minerai ont été :

Main-d'œuvre.....		2' 408
Fournitures :		
Combustible.....	5 073	} 1' 891
Diverses.....	1 318	
Dépenses diverses		0 331
Total.....		4' 630

Remarques sur la méthode de traitement. — Un broyage lent et une grande finesse de pulvérisation, qui sont les caractéristiques de la méthode de Gilpin, sont des conditions indispensables au traitement par amalgamation des minerais de cette région, mais ce procédé n'est peut-être pas le plus économique. En effet : la proximité de fonderies locales traitant les schlichs par fusion à des prix très bas et donnant un haut rendement, devrait, ce nous semble, engager les moulins à considérer la concentration comme l'opération principale et l'amalgamation comme un accessoire. Avec une bonne préparation mécanique, il serait possible de rassembler dans des schlichs plus ou moins riches en soufre, la plus grande partie de l'or. Le bocard devenant principalement un appareil de pulvérisation, la capacité des usines augmenterait considérablement. L'emploi de concasseurs et de distributeurs automatiques diminuerait les frais de broyage, et malgré une légère augmentation de main-d'œuvre pour la concentration, le prix de revient serait abaissé ; enfin surtout, le rendement, la production et, par conséquent, les bénéfices, seraient accrus.

§ 2. — Minerais demi-réfractaires

A. WITWATERSRAND (TRANSVAAL) (1)

Minerais. — Nous avons vu, en parlant de la cyanuration, que les minerais du district de Witwatersrand, se présentent sous la forme d'un conglomérat siliceux, dont le ciment seul est aurifère. Les morceaux de quartz sont toujours stériles, excepté quelques échan-

(1) Une partie des renseignements qui suivent provient de l'ouvrage : *Gold Ores of the Rand*, par H. Hatch et J.-A. Chalmers. Londres et New-York 1895.

tillons fissurés dont les fentes sont pénétrées de métal précieux.

Près de la surface, la roche est friable ; les sulfures ont été complètement oxydés et l'or libéré, mais au-dessous du niveau hydrostatique, le *blue-rock* contient 2 à 5 p. % de pyrite très pure. L'or est à un état d'assez grande division, intimement associé, mais probablement pas combiné avec les sulfures ; cependant, une certaine proportion de ce métal est en paillettes dont la plus grande dimension linéaire varie de 0,25 à 0,5 millimètres. Au microscope, on peut voir de l'or en cristaux englobé dans de la pyrite.

La teneur des minerais est très variable ; elle paraît être, en moyenne, de 20 à 25 grammes à la tonne.

Méthode de traitement. — Une partie seulement de l'or étant amalgamable, le traitement est divisé en deux parties :

1° Amalgamation.

2° Cyanuration des résidus.

1° Amalgamation.

Triage. — A la sortie du puits d'extraction, le minerai tombe sur des grilles inclinées de 38 à 40 degrés dont les barreaux sont écartés de 2,5 à 5 centimètres ; la première dimension est adoptée lorsqu'on veut faire un triage soigné ou un concassage à cette grosseur. Les menus vont dans des magasins, et le gros sur les appareils de triage qui consistent généralement en tôles de transport, en grilles et tables à secousses et enfin en tables tournantes. Nous avons décrit, page 535, tome XII, 3^e livraison, la disposition de ces deux derniers appareils.

Conditions de marche de quelques moulins. —

Les conditions de marche de quelques moulins sont données dans le tableau suivant :

		CITY AND SUBURBAN		CROWN- REEF	FER
Nombre de pilons.....		80	50	120	40
Poids des pilons kilos..		433	340	451	385
Mortiers.	Longueur intérieure mètres	1,276	1,321	1,283	1,2
	Profondeur..... —	0,254	0,203	0,228	0,2
	Largeur intérieure à la décharge. —	0,298	0,330	0,336	?
Hauteur moyenne de chute.... —		0,203	0,190	0,203	0,2
Nombre de coups par minute.. —		96	100	95	94
Hauteur de décharge..... —		0,15 à 0,05	0,15	0,089 à	
Mineral broyé par pilon et par 24 heures. kilos..		4.308	3.401	4.458	3.40
Capacité du moulin par jour... tonnes		344	170	535	272
Travail développé pour broyer 1.000 kilos de mineral..... cheval-vap.		0,435	0,407	0,434	0,57
Tonnes...	Nature	Toiles métalliques.			
	Nombre de trous au pouce carré.	700	400	700	800
	Dimensions des mailles millimètr.	0,63	2,55	0,63	0,57
	Numéros correspondants..	30	8	30	32
Plaques intérieures.	Plaque d'arrière ; largeur. mètres	0,241	0,127	0,228	0,30
	— d'avant ; longueur. —	0,076 à 0,15	* *	0,15	0,082
Plaques extérieures.	Largeur..... —	1,473	1,422	1,372	?
	Longueur —	3,60	3	3,60	?
Rendement en or.	Mortier.. p. 100 de l'or du mineral	22,50	17,50	20,15	?
	Plaques extér. — —	32,20	38,90	37,60	?
	TOTAL.. — —	54,70	56,40	57,75	60

Moulins du Transvaal.

LEE	JUBI- LEE	MAY- CONSOLIDATED		NEW- HERIOT	NEW-PRIMROSE		ROBINSON		SIMMER AND JACK
40	40	50	30	60	100	60	70	40	100
475	430	362	521	444	453	498	385	498	363
?	1,295	?	?	?	1,295	1,346	1,321	1,314	?
?	?	?	?	?	?	0,228	0,254	0,254	?
?	?	?	?	?	?	0,325	0,336	0,298	?
0,216	0,203	0,190	0,203	0,215	0,190	0,216	0,215	"	0,178
96	90	95	95	96	90	90	97	97	92
0,102	0,089 à 0,127	0,089	à 0,127	0,089 à 0,127	0,076	à 0,127	0,076	à 0,127	0,076
85	2,948	3,900	4,897	3,900	4,761		4,172	?	3,537
466	118	195	144	234	761		292	?	353
527	0,592	0,372	0,464	0,525	0,403		0,427	"	0,371
Toiles métalliques.									
780	900	700	900	700	700		900	"	700
4,63	0,53	?	?	0,55	0,55		0,53	"	0,55
30	32 à 35	?	?	32	32		32 à 35	"	32
1,179	0,228	"	0,228 à 0,178	"	0,178	0,30	0,30	"	"
"	"	"	"	0,089 à 0,15	"	"	0,71 à 0,45	"	"
1,372	?	?	?	?	1,372		1,372	"	?
4,50	?	?	?	?	3,30		3,60	"	?
?	10,50		10	?	8,58		?	"	4,50
?	59,50		56	?	52,42		?	"	?
64	70		66	62	61		70	"	?

Concassage. — Les machines employées sont, à peu d'exceptions près, des concasseurs des types Blake-Marsden et Gates. Elles sont réglées de manière à ce que le produit n'ait pas plus de 5 centimètres ; souvent il y a 2 concasseurs superposés, afin de réduire cette dimension. Il n'est pas douteux qu'un concassage à 3,5 ou 2,5 centimètres, augmente considérablement le débit des pilons.

Une excellente disposition adoptée dans plusieurs ateliers pour compenser l'usure des garnitures intérieures et des noyaux des broyeurs Gates, consiste à introduire dans l'appareil, quand le produit devient trop gros, une bague en acier que l'on fait descendre jusqu'à la partie usée.

Les concasseurs Blake-Marsden, à mâchoires de 0^m,37 de long et 0^m,23 d'écartement, débitent 6 tonnes à l'heure ou 140 tonnes par jour, c'est-à-dire pour 40 pilons environ, tandis qu'un Gates n° 6 peut concasser 24 tonnes à l'heure. A Langlaagte-Estate, 120 pilons nécessitaient 6 Blake, qui ont été remplacés par 3 Gates, dont le débit pendant 10 heures seulement est assez grand pour alimenter 160 flèches.

Les fragments concassés et les menus sont transportés par wagonnets à l'usine, qui est quelquefois assez éloignée de la mine.

Les appareils de broyage, d'amalgamation et de concentration, si celle-ci est usitée, sont disposés comme aux Etats-Unis en terrain plat.

Moteurs. — Tous les moteurs sont à vapeur. Le combustible, de qualité inférieure, contient beaucoup de cendres ; son prix était de fr. 24,80 la tonne en 1894.

Les chaudières sont multitubulaires ; la consommation est de 2^k,3 à 3 kil. de houille par cheval-heure. Comme la dépense en combustible représente une fraction im-

portante du prix de revient, on cherche à la diminuer le plus possible, aussi emploie-t-on des condenseurs à surface, d'où l'eau, déjà atténuée, est pompée pour passer dans des économiseurs Green et arriver aux chaudières, en réalisant ainsi une économie de 25 p. %. — City and Suburban.

A Crown-Reef, l'eau destinée à la condensation passe d'abord dans un réchauffeur que traverse la vapeur d'échappement avant d'arriver au condenseur ; l'eau d'alimentation va dans un économiseur Green, reçoit le contact des gaz chauds perdus, et parvient dans la chaudière à la température de 93 degrés.

Les machines à vapeur actionnant les divers appareils, sont souvent des types compound ou Corliss à double et triple expansion ; dans beaucoup de cas elles sont verticales (1).

Fondations. — Les fondations des bocards sont comme à l'ordinaire. A Geldenhuis-Deep, où le sol est peu résistant, la fondation de chaque mortier est indépendante, et consiste en un large massif de béton.

Mortiers. — Dans la majorité des moulins, on emploie les mortiers du type Homestake avec quelques légères modifications, ayant pour but l'augmentation de la capacité de broyage. La largeur a été un peu réduite ; elle varie de 0^m,30 à 0^m,33 à la hauteur de la décharge en comprenant l'épaisseur des garnitures de protection en acier. Dans les nouveaux mortiers, la profondeur au-dessous de la lèvre, est de 0^m,23 à 0^m,25 ; partout on emploie des faux-fonds.

Dans de rares moulins, les plaques amalgamées intérieures sont remplacées, comme dans les mortiers d'Alaska-Treadwell, par des rainures pratiquées dans

(1) De Launay.

les plaques de protection ; mais presque partout on fait usage de plaques amalgamées, quelquefois il n'y en a qu'à l'arrière ; celles-ci ont 0^m,178 à 0^m,275 ; celles d'avant : 0^m,076 à 0^m,15, suivant la hauteur du *chuck-block* ; elles ont toutes une longueur égale à celle des mortiers.

Distributeurs. — Les distributeurs automatiques Henry Challenge sont à peu près les seuls employés.

Pilons. — La tendance des dernières années a été d'accroître beaucoup le poids des pilons. De 317 à 340 kil. à l'origine, il a passé à 453 kil. ; à Modderfontein et Glenluce, il a atteint 566 kil. Les poids respectifs des différentes pièces sont à peu près les suivants, pour des pilons de 406 et 453 kil.

Flèches ..	158 ⁸ soit %.	38,92	215, soit pour 100.	39,59
Montonnet	48	— 11,82	59,	— 10,87
Tête	118	— 29,06	165,	— 30,39
Sabot	82	— 20,20	104,	— 19,15
Total...	406	— 100	543	— 100 »

Sabots et dés. — Les sabots ont rarement moins de 0^m,254 de hauteur, ils ont souvent 0^m,30 ; leur diamètre est toujours de 0^m,228 et leur poids varie de 80 à 104 kil. environ. Si nous supposons que la queue pèse 8 kil., la partie cylindrique aura un poids de 96 kil. pour un sabot de 104 kil. Quand celui-ci sera usé, il aura perdu environ 94 kil., c'est-à-dire que le poids total du pilon aura diminué de 17 p. %. Afin d'éviter la diminution de débit qui en résulterait, on emploie un des deux moyens que nous avons décrits page 568, tome XII, 3^e livraison.

Presque partout les sabots sont en acier chromé, qui coûte, rendu aux mines : 82 francs les 100 kil. ; ils durent

3 à 3,5 mois, et la consommation moyenne est de 150 grammes par tonne de minerai broyé.

Les dés, également en acier chromé, ont aussi 0^m,228 de diamètre ; la hauteur de la partie cylindrique est de 0^m,15, l'embase est rectangulaire à angles abattus, de 0^m,24 à 0^m,25 de côté, et de 2,8 centimètres d'épaisseur, leur durée est d'environ 3 mois, et la consommation moyenne de métal est de 77 grammes par tonne. La consommation totale d'acier chromé est donc de 227 grammes par tonne de minerai, ce qui correspond à une dépense de fr. 0,28, mais, par le fait, elle est plus grande, parce que les rebuts n'ont aucune valeur.

Cames. — Les plus généralement employées sont les cames Blanton ; on fait aussi usage des cames Bally et Hart, que nous avons décrites page 576, tome XII, 3^e livraison.

Ordre de chute. — L'ordre de chute 1, 3, 5, 2, 4, est considéré, par quelques ingénieurs, comme le plus favorable au débit des pilons ; on emploie aussi les deux suivants : 1, 5, 3, 2, 4 et 1, 4, 2, 5, 3 ; le dernier paraît donner de meilleurs résultats au point de vue de l'amalgamation.

Hauteur de chute, etc. — La hauteur de chute varie de 0^m,178 à 0^m,228, la moyenne est de 0^m,203. Avec une chute de 0^m,228, il est impossible de maintenir une vitesse de 90 coups par minute ; pour une moyenne de 0^m,216, la vitesse de 95 à 100 coups peut être considérée comme correspondant à la meilleure marche ; elle descend rarement au-dessous de 90 et ne dépasse pas 100.

Hauteur de décharge. — La hauteur de décharge varie de 0^m,051 à 0^m,127 ; nulle part elle est supérieure à 0^m,15, on cherche à la maintenir aux environs de

0^m,102. Pour la régulariser, on emploie des *chuck blocks*, des cadres de tamis d'une hauteur variable et des faux-fonds.

Tamis. — Les toiles métalliques en fils de fer ou d'acier, sont partout en usage. Le nombre des mailles par unité de surface, varie avec la grosseur des fils. A Buffelsdorn, on a des tamis de 100 mailles au pouce carré, tandis qu'à Chimes ils en ont 120 ; les chiffres les plus communs sont de 600 à 900 ; les ouvertures ont de 0,5 à 0,68 millimètre de côté, correspondant aux numéros 27 et 30 environ des toiles métalliques ordinaires. Des expériences faites à Buffelsdorn, où l'on retire 6 à 7,5 grammes d'or à la tonne par amalgamation, ont montré que si l'on emploie des tamis de 400 mailles au pouce carré, le rendement est inférieur seulement à 0,75 gramme à celui obtenu avec des tamis à 900 mailles. A City and Suburban, la différence de rendement a été de 0,66 gramme pour des tamis de 400 et 700 mailles. Il est évident que, dans ces deux cas, l'avantage est au broyage grossier.

La hauteur de décharge étant très faible, les tamis s'usent rapidement. A Robinson, ils ne durent que 2 à 4 jours.

Capacité de broyage. — Elle varie avec la dureté du minerai, le poids des pilons, leur vitesse, les numéros des tamis, la largeur des mortiers, etc. ; elle est rarement au-dessous de 2721 kil. par pilon et par jour ; elle arrivait exceptionnellement en 1894, à 4807 kil. à May-Consolidated. L'emploi des pilons lourds se généralisant, le débit moyen dans le district de Witwatersrand, a augmenté chaque année, comme le montrent

les chiffres suivants (1) et il s'accroîtra probablement encore à l'avenir.

ANNÉES	PILONS en marche.	DÉBIT MOYEN par pilon. Kilos.
1891.....	1.419	1.448
1892.....	1.994	2.630
1893.....	1.789	3.265
1894.....	2.250	3.356
1895.. ..	2.502	3.669
1896.....	3.060	3.996

Amalgamation. — A peu d'exceptions près, l'amalgamation commence dans les mortiers. La pulpe en sortant de ceux-ci, contient généralement 90 p. % d'eau et 10 p. % de matières solides. Ces dernières consistent ordinairement en 94 p. % de quartz, 1 p. % de boues argileuses et 3 p. % de pyrites.

Les plaques amalgamées, le plus souvent sans gradins, ont une longueur comprise entre 3 mètres et 4^m,50 ; leur largeur est à peu près égale à la longueur des mortiers, et l'épaisseur du cuivre est d'au moins 3 millimètres ; leur pente ordinaire est de 10,40 à 10,50 p. %. On ne fait pas usage de plaques argentées.

Les plaques sont dressées avec une faible solution de cyanure de potassium, aussi souvent que cela est nécessaire. Généralement, très peu d'or dépasse les premiers 60 centimètres, aussi n'enlève-t-on l'amalgame de la portion inférieure qu'une ou deux fois par semaine,

(1) *South African Mining journal*, 22 août 1896 et 20 mars 1897.

tandis que pour la partie supérieure, la récolte se fait toutes les 24 ou les 48 heures.

Au bas de chaque table, se trouve presque toujours une trappe à mercure.

L'amalgame des plaques intérieures des mortiers, est récolté tous les 3, 4 ou 5 jours, suivant la richesse des minerais.

Concentration. — Dans les premières années de l'exploitation des mines d'or au Transvaal, la pulpe, en quittant les plaques amalgamées ou les trappes à mercure, passait sur des couvertures. Quoique très efficaces pour retenir l'or fin, elles occasionnaient une perte considérable de pyrites, aussi furent-elles progressivement remplacées par des Frue-Vanners. Depuis la réussite de la cyanuration, ces derniers appareils ont beaucoup diminué en nombre ; dans les nouvelles usines, on les supprime presque partout, et l'on traite par le cyanure les résidus de l'amalgamation sans séparer les sulfures. Les Frue-Vanners ne sont généralement employés que pour les minerais dont les pyrites sont riches en or, leur nombre est de 2 à 3 par batterie.

Le tableau suivant donne les résultats de la concentration dans quelques usines :

	ANNÉE	MINÉRAI broyé, Tonnes.	ACHATS PRODUITS			PRIX de concentration par tonne de minéral broyé, Francs.
			Tonnes.	Pour 100.	Or à la tonne, grammes	
Chânes.....	1904	42,723	155	1,07	157	0,83
Forcelm.....	1903	22,435	823	3,72	220	0,91
Landange Natife.....	1903	97,280	625	0,65	115	0,49
Robinsm.....	1903	40,022	2,420	2,82	137	0,82
Wemmer.....	1904	25,000	500	2,27	181	1,20
".....	1905	20,780	726	2,71	210	1
Worcester.....	1903	11,303	212	1,33	156	0,78
".....	1904	10,800	112	3,81	107	1

Nettoyage général. — La récolte générale de l'or se fait à la fin de chaque mois.

Mercure et eau consommés. — La consommation de mercure par tonne de minerai broyé, varie suivant les moulins; on peut admettre qu'elle est en moyenne de 10 à 12 grammes.

La quantité d'eau nécessaire au broyage et à l'amalgamation, est en moyenne de 23,5 litres par pilon et par minute; en prenant 3.996 kil. pour le débit moyen d'un pilon par 24 heures, il faut donc environ 8,5 d'eau pour 1 de minerai.

Rendement en or. — Le rendement en or à l'amalgamation est assez variable; il est ordinairement compris entre 50 et 70 p. % de la teneur indiquée par les essais.

La quantité de métal précieux retirée des mortiers varie aussi beaucoup. Quand on n'emploie que des plaques amalgamées à l'arrière, la proportion dépasse rarement 10 p. %, tandis que si l'on fait en même temps usage de plaques à l'avant, elle est souvent supérieure à 30 p. % de l'or produit par l'amalgamation.

Les lingots provenant de l'amalgame ont un titre compris entre 800 et 900 millièmes.

Nombre de jours de travail. — Hormis les cas exceptionnels: comme pénurie de combustible ou manque de main-d'œuvre, le nombre de jours de marche des pilons pendant l'année, est très élevé; il a atteint 344,59 à Ferreira en 1896, comme l'indique le tableau suivant, page 90. Chaque mois une demi-journée au moins est consacrée au nettoyage général, et si l'on tient compte des jours fériés, il reste un temps très court pour les réparations, ce qui montre la perfection à laquelle on est arrivé dans la construction des bocards.

Personnel et salaires. — Au moulin New-Primose, — 160 pilons — le personnel est le suivant : Nous avons mis en regard les salaires mensuels, d'après le rapport annuel des ingénieurs de l'Etat, en 1894.

1 surveillant général . . .			?
2 chefs amalgamateurs.. chacun :	de fr.	630 à fr.	756
6 aides.....	»	»	504 » 630
3 machinistes.....	»	»	635
3 chauffeurs.....	»	»	430 90
1 mécanicien ajusteur..	»	»	635
1 charpentier.....	»	»	618 75
24 Cafres dans le moulin ;			
en moyenne.....	»	»	75
4 Cafres à la chambre			
des machines.....	»	»	75
1 contrôleur.....			?
46 non compris les ouvriers au triage et au concassage.			

Lorsqu'on fait de la concentration, il faut un personnel supplémentaire.

Les salaires des autres ouvriers sont : concentrateurs fr. 529,30 ; forgerons, fr. 660,20 ; maçons, fr. 640 ; autres ouvriers blancs, fr. 403,20 par mois.

Frais spéciaux de broyage et d'amalgamation. — Dans le tableau suivant, nous avons réuni quelques renseignements sur la marche d'un certain nombre de moulins, ainsi que les frais spéciaux de broyage, d'amalgamation et de concentration, par tonne de minerai.

Données sur quelques moulins d'amalgamation. — Transvaal.

	ROBINSON		CROWN-REEF		MAY-CONSOLIDATED		GELDENHUIS-ESTATE		PERREIRA
Exercices..	1896		1891-95	1896-97	1895	1896	1895-96	1896-97	1896
Nombre de pilons.....	120		120	120	80	100	120	120	80
Minerai traité..... tonnes.	160,992		180,700	181,307	100,625	117,955	153,333	171,965	109,531
Nombre de jours de marche effective..	321,50 ⁽¹⁾		341,33	?	326,36	239,50 ⁽²⁾	?	342,23	344,59
Débit moyen par pilon et par jour. kilos	4,172		4,458	?	3,934	4,018	?	4,187	3,973
Teneur du minerai par tonne. grammes	36,83		18,35	?	20,80	19,06	?	17,93	44,55
Rendement pour 100 de la teneur.....	73,57 ⁽³⁾		57,22	?	57,14	53,95	?	60,90	67,45 ⁽⁷⁾
Triage et concassage. francs	0,614		0,614 ⁽³⁾	0,614 ⁽³⁾	0,804	0,834	0,614 ⁽⁶⁾	0,614 ⁽⁶⁾	0,678
Transport au moulin. —	0,153		0,394	0,394	0,895	0,571	0,613	1,161	0,163
Broyage, amalgamation, entretien.....	3,400		3,980		5,357	6,093	3,966	3,571	4,787
Concentration	0,723		0	3,724 ⁽⁴⁾	0	0	0	0	1,398
Service des essais ...	0,111		0,080						
TOTAL des frais spéciaux...	5,001		5,068	4,732	7,056	7,498	5,193	5,346	7,026

(1) Sur les 44,5 jours d'arrêt, il y en a 16 pour le travail courant et 12 par suite de pénurie de main-d'œuvre.

(2) Y compris l'or retiré des pyrites, l'amalgamation seule représente 54,03 pour 100.

(3) Le triage, le concassage et le transport de la mine au moulin, étant portés au compte d'exploitation, on a pris, afin de pouvoir comparer les résultats, les dépenses de triage et de transport de la mine au moulin, et pour celles du Crown-Ref en 1894-95.

(4) On ne fait pas de concentration.

(5) Dépenses de triage et concassage, comme à Robinson.

(6) Arrêts longs et nombreux, causés par le manque de combustible, accidents et pénurie de main-d'œuvre qui n'a pas permis de faire un triage aussi soigné que d'habitude, ce qui a occasionné une diminution de la teneur du minerai.

(7) Y compris l'or retiré des pyrites. L'amalgamation seule représente 58,84 pour 100.

Chloruration. — Dans un certain nombre de moulins, où la teneur des pyrites dépasse 100 grammes à la tonne et qui contiennent du cuivre ou d'autres bas métaux, on a avantage à les recueillir à cause du rendement plus élevé que donne la chloruration. Les schlichs sont vendus à des usines spéciales : Robinson et Rand-Central, qui paient 92 à 94 p. % de l'or contenu, sous déduction de 80 francs par tonne pour frais de traitement.

Les pyrites (1) sont séchées par la chaleur des fours de grillage, qui sont des reverbères de 15 mètres de long, à l'extrémité desquels se trouve une sole tournante du type Butters, de 6^m,70 de diamètre, contenant 10 tonnes de minerai. L'appareil exige 2 ouvriers blancs et 6 noirs ; on consomme 3 tonnes de charbon par 24 heures pour 30 tonnes de pyrites, formant 3 charges par jour.

Le minerai grillé est criblé dans un trommel pour retirer les noyaux agglomérés. On l'humecte et on le chlorure dans des cuves. Le chlore est produit dans des vases en plomb.

Les cuves de chloruration sont au nombre de 3, garnies de plomb à l'intérieur ; le filtre est à 0^m,20 au-dessus du fond ; il est formé d'une couche de graviers recouverte de nattes en fibres de coco. Chaque cuve contient 63 tonnes de schlichs sur une hauteur de 2^m,60. Quand le chargement est terminé, on recouvre la cuve et l'on fait dégager le chlore qui traverse successivement les 3 bacs, en commençant par celui où le minerai a séjourné le plus longtemps et finissant par celui où il n'a pas été soumis à la réaction.

La chloruration dure 2 jours. On emploie pour le lavage 73 tonnes d'eau ajoutée en plusieurs fois.

(1) L'Or au Transvaal. De Launay.

La liqueur aurifère va ensuite dans 3 cuves de précipitation situées plus bas. On dépense environ 220 kil. de sulfate de fer pour 63 tonnes de minerai. La précipitation dure 24 heures et on laisse en repos pendant un jour, après quoi la solution appauvrie est écoulée au moyen d'un tuyau en caoutchouc à flotteur (FIG. 74, page 763, tome XII, 4^e livraison), dans une autre cuve où se trouve du vieux fer pour précipiter les dernières traces d'or. Le changement de couleur de la liqueur, quand on y ajoute du sulfate de fer, permet de juger si l'opération est terminée. De temps à autre, on fait écouler une partie du liquide par le robinet inférieur, et tous les mois on racle le dépôt aurifère qui s'est formé au fond de la cuve.

Le précipité d'or est lavé, traité par de l'acide sulfurique et du sel marin, pour enlever l'excès de sulfate de fer, puis fondu dans un creuset de graphite.

Rendement en or. — On assure que le rendement à la chloruration arrive à 98 p. % de l'essai, et que les frais de traitement sont de 75 francs par tonne.

Robinson (moulin de). — Nous ne décrirons qu'un seul moulin : celui de Robinson.

Concassage. — Le concassage se fait près du puits d'extraction principal ; le produit peut passer par une bague de 5,6 centimètres de diamètre.

Trémies. — Les trémies ont une section triangulaire et une capacité suffisante pour une marche de 48 heures.

Distributeurs. — Tous les distributeurs automatiques sont du type Henry Challenge.

Mortiers et pilons. — Au commencement de 1894, le moulin comprenait 70 pilons divisés en 14 batteries

de 5 flèches chacune, disposées sur une seule ligne ; il a été ajouté, depuis, 50 autres pilons, ce qui fait un total de 120.

Les mortiers des 70 premiers pilons ont, à l'intérieur, 1^m,321 de longueur, 0^m,336 de largeur à la hauteur de la décharge, et 0^m,254 de profondeur au-dessous de l'ouverture de l'avant ; les mortiers nouveaux ont 1^m,314 de long, 0^m,298 de large avec plaques de protection en acier. Le bord inférieur du conduit de chargement est incliné de manière à délivrer le minerai sur la ligne centrale des dés.

La plaque amalgamée d'arrière a une largeur de 0^m,30. A l'avant, 4 *chuck-blocks* de diverses hauteurs servent à régulariser la hauteur de la décharge ; chacun d'eux porte une plaque amalgamée, dont la largeur est de 0^m,071, 0^m,102, 0^m,127, 0^m,150 suivant la dimension du *chuck-block*.

Les anciens pilons qui, à l'origine, pesaient 362 kil., ont été portés à 385 kil., en faisant usage de plus longues flèches et en augmentant la hauteur des têtes et des sabots. Pour éviter l'irrégularité du débit causée par l'usure des sabots, les têtes de la moitié des pilons pèsent chacune 165 kil., tandis que les autres ont un poids de 127 kil. Lorsque les sabots neufs fixés aux têtes légères sont à demi-usés, on les met aux têtes lourdes. Les 50 nouveaux pilons pèsent 498 kil. ; ils sont disposés comme les anciens.

Sabots et dés. — Les sabots et les dés sont en acier chromé ; leur durée et la consommation de métal par tonne de minerai, ont été en 1896 :

	Durée	Consommation
Sabots.....	3 1/2 à 4 mois	203 grammes
Dés	3 à 3 1/4 —	104 —
Total		307 —

soit une dépense de fr. 0,278 par tonne de minerai broyé.

Cames. — On emploie les cames Blanton ; les arbres ont 0^m,14 de diamètre.

Ordre de chute, etc. — Il y a deux ordres de chute, mais le préféré est 1, 4, 2, 5, 3. La hauteur moyenne de chute est de 0^m,215, et la vitesse de 97 coups par minute.

L'alimentation est réglée de manière à ce qu'il y ait très peu de minerai sur les dés et que les pilons rebondissent légèrement sur ceux-ci. En agissant ainsi, on augmente sensiblement le débit du bocard ; la rupture des flèches n'est pas plus fréquente que dans les autres moulins, malgré les fortes vibrations produites.

Hauteur de décharge. — La hauteur de la décharge est maintenue autant que possible à 0^m,127 ; elle descend exceptionnellement à 0^m,076 ; on la régularise au moyen de 4 *chuck-blocks* et d'un faux-fond.

Tamis. — Les tamis sont en toile métallique ; il y a 900 mailles au pouce carré et elles ont 0,53 millimètres de côté, correspondant aux numéros 32 à 35 ; leur durée est de 2 à 4 jours.

Capacité de broyage. — Le débit moyen par pilon et par jour, est de 4.172 kil.

Amalgamation. — L'amalgamation commence dans les mortiers. Le mercure est chargé plus ou moins fréquemment suivant la teneur du minerai qui varie tous les jours, quelquefois toutes les 10 minutes, jamais moins d'une fois par heure, généralement toutes les demi-heures ; on en met aussi peu que possible sur les plaques extérieures.

Les plaques amalgamées n'ont pas de gradins ; leur

longueur est de 3^m,60, leur largeur de 1^m,372 et l'épaisseur des tôles en cuivre, de 3,2 millimètres ; chaque table est pourvue d'une trappe à mercure.

Les plaques extérieures sont dressées environ toutes les 4 heures. On recueille les sables noirs et les pyrites qui adhèrent à la surface ; le tout est broyé dans un pan avec du mercure, et l'on obtient ainsi une assez forte proportion d'or relativement gros. L'amalgame n'est récolté que toutes les 48 heures, tandis que celui des plaques intérieures des mortiers ne l'est que tous les 3 à 6 jours.

Concentration. — La concentration se fait sur des Frue-Vanners et n'a rien de particulier. Le rendement du minerai en schlichs a été de 2,82 p. % en 1893, et leur teneur moyenne était de 137 grammes d'or à la tonne ; ils sont traités par chloruration, comme il a été dit précédemment.

Une certaine quantité d'amalgame est recueillie sur les plaques amalgamées que portent les distributeurs des Frue-Vanners.

Mercure consommé. — D'après les comptes de l'année 1896, la perte en mercure (1) a été de 7,03 grammes par tonne de minerai broyé.

Rendement en or. — En 1896, le rendement à l'amalgamation a été de 67,98 p. % de la teneur du minerai ; l'or produit par la chloruration des pyrites, représentait 5,59 p. % de la même teneur.

Frais spéciaux de broyage, d'amalgamation, etc. — Nous donnons ci-dessous le détail des frais spéciaux pour les années 1893 (2) et 1896 (2).

(1) Le prix du kilo de mercure au Transvaal était de fr. 7,736 en 1893 et de fr. 6,17 en 1896.

(2) *Eissler et South African Mining Journal.*

Année 1803.

Année 1806.

CONCASSAGE

Main-d'œuvre, blanche et noire...	0 094	} 0 ^r 365	0 166	} 0 ^r 614
Force motrice.....	0 170		0 155	
Fournitures.....	0 101		0 293	
Transport de la mine au moulin..	0 048			0 153

BROYAGE, AMALGAMATION, ENTRETIEU, ETC.

Fournitures :

Main-d'œuvre, blanche et noire...	1 255	} 2 859	0 450	} 2 368
Houille.....	0 842		1 216	
Mercure.....	0 149		0 043	
Sabots.....	0 207		0 193	
Dés.....	0 105		0 085	
Têtes.....	0 060		0 031	
Flèches.....	0 045		0 025	
Cames et arbres.....	0 009		0 025	
Mortiers.....			0 026	
Tamis.....	0 074		0 074	
Mentonnet, courroies, etc.....	0 012		0 083	
Diverses pour le bocard et les mo- teurs.....	0 101		0 119	

Entretien.

Main-d'œuvre blanche et noire....	0 227	} 0 417	0 291	} 0 582
Fournitures :				
Part de l'atelier de réparations....	0 027		0 040	
Bois.....			0 023	
Fonte moulée.....	0 094		0 061	
Diverses..	0 069		0 167	

Eau.

Main-d'œuvre et part de dépenses communes avec une mine voisine		0 465	} 0 735	0 145	} 0 450	
Fournitures :						
Combustibles pour les pompes....	0 235			0 234		
Diverses.....	0 035			0 071		

A reporter..... 4 167

Report 4 167

CONCENTRATION

CONCENTRATION						
Main-d'œuvre, blanche et noire...	0 463	}	0 816	0 298	}	0 723
Moteur et eau.....	0 036			0 257		
Fournitures :						
Rouleaux de Frue-Vanners.....	0 025	}	0 030	0 030		
Courroies.....	0 134			0 060		
Diverses.....	0 035			0 070		
Part de l'atelier de réparations....	0 123			0 008		

PART DU SERVICE DES ESSAIS

Main-d'œuvre, blanche et noire...	0 103	}	0 108	0 054	}	0 111
Fournitures diverses.....	0 005			0 057		
Frais spéciaux par tonne.....			5' 348			5' 001

2° Cyanuration.

Renseignements économiques sur le traitement
des minerais d'or au Transvaal

Dans le chapitre IV, tome XII, 4^e livraison, nous avons décrit avec détails la cyanuration au Transvaal, nous n'y reviendrons donc pas.

Frais spéciaux. — Si aux frais spéciaux de concassage, transport, amalgamation, etc., donnés page 90, nous ajoutons ceux de cyanuration, pages 884 et 885 tome XII, 4^e livraison, nous aurons les chiffres suivants :

	EXERCICES	NOMBRE DE PILONS	MINÉRAI traité Tonnes.	FRAIS SPÉCIAUX DE TRAITEMENT		
				Concassage Broyage Amalgamation Francs.	Cyanuration Francs.	Total Francs.
City and Suburban.....	1896	160	183.985	5,233	3,688	8,921
Crown-Reef.....	1896-97	120	181.307	4,732	3,911	8,643 ⁽¹⁾
Ferreira.....	1896	80	109.541	7,026	4,285	11,311
Geldenhuis-Estate.....	1896-97	120	171.965	5,346	3,947	9,293
Henry Nourse.....	1896-97	60	93.418	3,650	3,685	7,335
May-Consolidated.....	1896	100	117.955	7,498	3,202	10,700
Meyer and Charlton.....	1896	80	94.967	4,185	3,612	7,797
New-Primrose.....	1896-97 ⁽²⁾	160	369.143	5,962	5,962	11,924
Robinson.....	1896	120	160.992	5,001	2,293	7,294
Wolhüter.....	1896-97	100	?	5,893	2,374	8,267
Moyennes.....	»	»	»	5,452	3,696	9,148

(1) Chiffre auquel il faut ajouter fr. 0,705 pour le traitement des schlamms, soit un total de fr. 9,438.
 (2) 18 mois de marche.

Si l'on admet que le prix de revient du traitement des schlamms soit de fr. 6,50 par tonne, comme à Crown-Reef, et que l'on en produise 25 p. % de la quantité de minerai broyé, les dépenses seront de fr. 1,625 par tonne de minerai traité ; ce qui, avec la moyenne de fr. 9,148, ferait fr. 10,773, si toutes les usines étaient organisées pour le traitement des schlamms.

Tous ces chiffres ne se rapportent qu'à des usines importantes ; dans le cas de moulins ne broyant que 100 tonnes de minerai par jour, les frais spéciaux de traitement seraient évidemment beaucoup plus élevés.

Prix de revient total d'exploitation et de traitement. — Afin de donner une idée des conditions de l'industrie de l'or au Transvaal, nous donnerons trois exemples : dans les prix de revient, sont compris les frais généraux, etc.

	CITY AND SUBURBAN 480 pilons. Exercice 1896. Francs.	MEYER AND CHARLTON 80 pilons. Exercice 1896. Francs.	NEW-PRIMROSE 480 pilons. Exercice 1896. Francs.
Mine..			
Exploitation.....	22,017	14,734	9,058
Roulage et pompes.....	24,773	18,804	2,981
Travaux d'aménagement et amor- tissement	2,756	4,070	8,771
Usines.			
Transport, broyage, amalgamation.	5,233	4,185	5,962
Cyanuration.....	3,688	3,612	5,962
Entretien	*	2,752	*
Frais généraux, etc.	1,762	3,096	4,490
Prix de revient par tonne	35,456	32,449	34,224

Remarques sur le traitement des quartz aurifères au Transvaal. — D'après ce que nous avons dit, on voit que l'industrie de l'or au Transvaal, a passé par trois phases bien distinctes :

1° Au début, les minerais étaient simplement amalgamés et concentrés par la méthode californienne. Les résidus étaient considérés comme sans valeur, mais la rareté des sources et des pluies dans le pays, obligea de les conduire dans de grands réservoirs pour clarifier l'eau, afin de s'en servir à nouveau ; on en recueillit de grandes quantités.

2° A la suite de nombreux essais de laboratoire, on constata que ces résidus contenaient encore une proportion d'or considérable et que le traitement par amalgamation, ne donnait qu'un rendement de 60 à 70 p. %. C'est alors que l'on introduisit la cyanuration, qui permit de tirer parti des anciens *tailings* et de ceux de la production journalière.

3° Mais il restait encore 10 p. % de l'or initial dans les schlamms rejetés qui semblaient défier tout traitement économique, lorsque le procédé par agitation avec le cyanure de potassium, suivi de décantations successives, vint en 1895, apporter la solution d'un problème longtemps cherchée. Il est probable que dans peu d'années toutes les usines seront complétées par un atelier de cyanuration des schlamms, et il sera possible de retirer près de 90 p. % de l'or contenu dans les minerais livrés par les mines. Ce rendement sera probablement dépassé, car la plus grande partie du métal précieux retenu par les gros sables, pourra être libérée en broyant plus fin, puisque les *slimes* ne sont plus un obstacle au traitement.

Actuellement, l'amalgamation n'a pour ainsi dire pour but que de retenir les plus grosses particules d'or,

afin de ne pas allonger démesurément la cyanuration. Peut-être, avec la circulation des liquides — page 855, tome XII, 4^e livraison — sera-t-on conduit à broyer en présence de l'eau légèrement cyanurée et à supprimer l'amalgamation, au moins en ce qui concerne les minerais dans lesquels l'or est à un grand état de division.

B. MINE DE PASSAGEM (BRÉSIL) (1)
(Minerais bismuthifères).

L'exemple que nous donnons est intéressant, parce que le traitement proprement dit est précédé d'une concentration, sans amalgamation dans les bocards.

Minerai. — Le minerai de Passagem se compose essentiellement de quartz, de tourmaline, de pyrite arsénicale, de pyrite de fer ordinaire ou magnétique en moindre proportion, et de bismuth probablement en combinaison avec le soufre.

L'or se présente à deux états distincts : à l'état natif, disséminé en fines parcelles dans le quartz, et à l'état natif ou de composé encore mal défini, dans les tourmalines et les sulfures.

Méthode de traitement. — La formule de traitement est la suivante :

1^o Le minerai est soumis à un criblage, concassage et triage, ayant pour but d'enlever une partie importante du stérile. Ces opérations sont suivies d'un broyage assez fin, permettant d'effectuer par des lavages successifs avec intercalation d'une pulvérisation, la séparation des particules d'or libre et les sulfures d'avec les gangues.

(1) Extrait d'un rapport de M. P. Ferrand, professeur à l'école des Mines d'Ouro-Preto (Brésil). *Génie civil*, numéros des 9, 23, 30 juin, 14 et 18 juillet 1894.

2° Les produits utiles obtenus : concentrés renfermant la plus grande partie de l'or et les pyrites aurifères, sont : les premiers amalgamés en tonneau, et les résidus concentrés à nouveau pour en retirer les sulfures, et les secondes, de provenances diverses, traitées par chloruration.

Production de la mine. — Pendant l'exercice de 1892-93, on a extrait 46.019 tonnes de minerai qui, après triage, ont donné 37.229 tonnes d'une teneur moyenne de 15 grammes d'or par 1000 kil.

Broyage. — Le broyage des gros concassés et des menus obtenus par criblage et concassage, se fait au moyen de 56 pilons brésiliens de 270 kil. et d'un bocard californien de 40 pilons du poids de 263 kil. Les mortiers ne contiennent pas de plaques amalgamées, pour les raisons que nous donnerons plus loin ; on cherche seulement à pulvériser le minerai.

Les tamis sont en tôle de cuivre perforée à raison de 20 trous de 0,4 millimètre de diamètre par centimètre carré, correspondant au n°42 environ des toiles métalliques.

Chaque mois, quand on fait le nettoyage des mortiers californiens, on trouve mélangée au minerai broyé une certaine quantité d'or en pépites et en morceaux martelés, que l'on sépare par des lavages à la batée ; on recueille ainsi 10 p. % de l'or contenu dans le minerai (1).

Concentration. — Les sables sortant des batteries, passent sur des tables en bois (n° 1) (Fig. 118 à 120), pouvant tourner sur des tourillons. Elles ont la forme

(1) Les frais d'établissement du bocard californien de 40 pilons, situé à flanc de coteau, ont été :

d'un prisme triangulaire, de 4^m,50 à 5^m,50 de long et 0^m,50 de large ; leur inclinaison est de 8 p. % ; elles sont creusées de rainures transversales dans lesquelles se réunissent les sables denses. De chaque côté des trois faces, se trouve un petit liteau qui empêche la pulpe de tomber au dehors. Toutes les 20 minutes on fait subir

Fig. 118

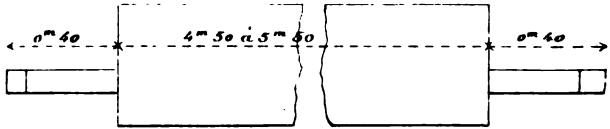


Fig 120

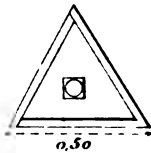
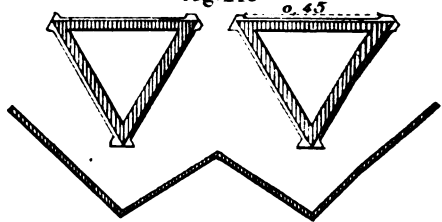


Fig. 119



Terrassements, maçonneries et charpente :

Terrassements pour la préparation de la plateforme	100.000' »	} 280.000' »
Maçonneries des fondations, murs de soutènement et réservoirs d'alimentation, matériel en bois, charpente et toiture.....	180.000 »	

Matériel métallique :

2 concasseurs Blake-Marsden ; 40 pilons de 263 kg. divisés en 4 batteries de 5 pilons du type Sandycroft, turbines, roues en fer et accessoires. Coût en Angleterre.....	75.000 »	} 120.000 »
Frêt, transport, droits de douane, etc.	45.000 »	
Total.....		400.000 »

à ces tables une rotation de 120 degrés, de manière à présenter à la pulpe une nouvelle surface propre, tandis qu'on lave à la lance celle chargée de sables enrichis. Ces derniers, qui se déposent dans des caisses situées au bas des tables, sont chargés sur un distributeur, d'où un courant d'eau les entraîne sur des tables dormantes fixes (n° 2), recouvertes de toiles où ils sont concentrés. Toutes les heures, ces toiles sont enlevées et lavées dans une caisse spéciale, puis remplacées par d'autres. Les sables riches récoltés sont amalgamés en tonneau, tandis que les fins vont s'accumuler dans une caisse de dépôt, et les sables pauvres sont entraînés à la rivière.

Les sables fins retirés de ces caisses, sont chargés dans des pans pour être pulvérisés plus complètement, et vont ensuite sur de nouvelles tables dormantes (n° 3), conduites comme les précédentes, donnant des concentrés qui seront grillés et chlorurés, puis des stériles.

Les sables légers s'échappant des tables n° 1, passent aussi sur des tables à toile (n° 4), qui sont balayées toutes les demi-heures ; elles donnent encore des matières enrichies destinées à la chloruration, et des stériles qui sont rejetés.

Là se termine, à proprement parler, la préparation mécanique que nous avons sommairement décrite parce qu'elle est assez imparfaite. En somme, elle donne comme produits utiles : des concentrés un peu grossiers, à amalgamer, et des *fin*es enrichies pyriteuses, à chlorurer.

Frais de broyage et de concentration. — Les dépenses de broyage et de concentration, par tonne de minerai, ont été :

Surveillance et main-d'œuvre :

Triage.....	0' 735
Bocardage et lavago.....	0 718
Forge et atelier de réparation.....	0 265
Charpentiers	0 275
Fournitures diverses.....	1 426
Total.....	3' 419

On a produit :

		Minerai trié
1° 150 tonnes de minerai à amalgamer, soit		0,4%.
2° 780 — pyrites à griller et à chlorurer		2,9
Total 930 — représentant		3,3

Amalgamation. — L'amalgamation se fait dans un tonneau semblable à ceux employés jadis à Freyberg. On charge 1000 kil. de sables et 50 kil. de mercure avec une certaine quantité d'eau, de manière à ce que les matières ne soient ni trop pâteuses ni trop fluides ; puis, après fermeture de l'orifice de chargement, on imprime au baril un mouvement de rotation, à raison de 16 tours par minute. Au bout de 18 à 20 heures, l'opération est généralement achevée, ce dont on s'assure en faisant une prise d'essai qu'on lave à la batée ; tant que l'on trouve une parcelle d'or libre, on prolonge l'amalgamation. Lorsque celle-ci est terminée, on verse le contenu du tonneau dans une caisse spéciale divisée en trois compartiments. Les sables arrivent lentement dans le compartiment du milieu contenant 200 kilos de mercure. Un faible courant d'eau entraîne les matières dans les deux compartiments extrêmes où se déposent : de l'amalgame, du mercure et des sables lourds, tandis que les sables légers vont sur une table à toile (n° 5), qui donne : 1° des matières riches contenant un peu de mercure et d'amalgame, à laver à la batée ; 2° des sables se réunissant dans des caisses de dépôt

placées à la suite des tables, qui vont à la chloruration ;
3° des boues légères entraînées à la rivière.

Le nettoyage de la caisse de dépôt se fait en enlevant le mélange d'eau et de sables du premier compartiment, ainsi que ceux accumulés dans les deux autres ; ensuite on puise le métal pour le laver.

Le mélange impur sablonneux, contenant toujours une certaine quantité d'amalgame et de mercure, est lavé à la batée ; le produit obtenu est joint à celui de même nature provenant du premier compartiment, tandis que les sables se déposent en totalité dans une caisse, d'où ils sont chargés dans des auges contenant un peu de mercure, et dans lesquelles frappent des martinets. Un courant d'eau continu arrive dans les auges et entraîne les sables broyés dans des caisses, d'où on les extrait pour aller à la chloruration. Les auges sont vidées tous les mois ; leur contenu est passé sur des cribles afin de retirer l'amalgame en morceaux, et le reste est lavé à la batée, qui donne de nouveau : du mercure, de l'amalgame et des sables qui repassent aux martinets. Les sables accumulés dans les caisses de dépôt à la suite des martinets, vont à la chloruration, après égouttage.

Amalgame. — L'amalgame de diverses provenances dissous dans un excès de mercure, est filtré dans une poche en coton. L'amalgame presque liquide restant dans le filtre, est souillé de quelques impuretés, aussi est-il lavé dans un mortier avec un peu d'eau et du savon, puis comprimé dans une peau de chamois. Les boules obtenues sont distillées, et l'or brut est fondu dans un creuset en plombagine avec du nitre et du borax, puis versé dans des lingotières enduites de noir de fumée pour éviter l'adhérence. La barre est finalement décapée avec un pinceau imbibé d'acide azotique

dilué, pour lui donner une belle couleur. Les lingots ont un titre moyen de 914,4 millièmes, les principales impuretés sont : l'argent et le bismuth.

Purification du mercure et du bismuth aurifère. —

Le mercure provenant de la première filtration entraîne avec lui plusieurs matières qui, plus solubles que l'amalgame d'or, passent à travers le tissu de coton ; la plus importante de toutes est le bismuth, qui forme un amalgame de bismuth et d'or ; aussi, pour débarrasser le mercure de ces corps qui le rendent moins actif, le distille-t-on 4 fois par mois. On commence par une distillation partielle, puis laissant refroidir, il se forme des cristaux d'amalgame de bismuth et d'or, qui sont séparés et soumis à une distillation complète. L'alliage obtenu, contenant 25 p. % d'or, est affiné dans un creuset, et vendu en Angleterre pour la séparation des deux métaux. Chaque jour, on produit 150 grammes de bismuth aurifère, représentant 1,4 gramme d'or par tonne de minerai.

Les 152 tonnes de sables ont produit en 1892-93 :

	TONNEAU	MARTINETTS	MORTIERS	TOTAL
Amalgame } Boules d'amalgame..... grammes.	468.000	95.000	»	563.700
} Eponge d'or.....	198.793	32.782	»	232.575
Bismuth } Bismuth aurifère.....	52.172	»	»	52.172
aurifère. } Or extrait.....	12.730	»	»	12.730
Or brut total.....	214.523	32.782	55.290	300.595
Or affiné, en lingots.....	206.616	32.782	54.129	294.527
Or extrait par tonne de mineral.....	5,55	0,91	1,45	7,91
— pour 100 de la teneur du mineral ...	37	6,07	9,67	52,74

Le personnel employé à l'amalgamation ainsi qu'à
martinets et aux lavages, comprend, de jour seulement :

1 Surveillant.....	160'	par mois
1 Amalgamateur....	3 50	par jour
6 Laveuses.....	1 54	—
4 Manœuvres.....	2 82	—

Total 12

Frais spéciaux d'amalgamation. — Pendant l'exercice de 1892-93, les frais spéciaux d'amalgamation ont été, par tonne :

	PAR TONNE de minerai trié Francs.	PAR TONNE de concentrés amalgamés Francs.
Main-d'œuvre	0,255	62,50
Mercure.....	0,158	25,54
Fournitures diverses... ..	0,069	16,97
Frais spéciaux	0,482	105,01

Mercure consommé. — Pendant l'exercice considéré, la consommation totale de mercure a été de 782 kil., correspondant à 21 grammes par tonne de minerai trié.

Rendement en or. — Ainsi que le montre l'avant-dernier tableau, le rendement à l'amalgamation est de 52,74 p. % de l'or renfermé dans le minerai.

Essais d'amalgamation plus complète. — De nombreuses tentatives ont été faites pour retenir l'or, soit sur des plaques amalgamées, soit en ajoutant du mercure dans les mortiers du bocard californien, mais elles

ont toutes échoué. Sur les plaques extérieures, qu'il était impossible de tenir brillantes, l'amalgamation ne se faisait pas. Dans les mortiers, le mercure se réduisait en farine et était entraîné par l'eau ; les globules étaient noirs et recouverts d'arsenic qui prévenait tout contact avec l'or. Cette farine noire et ténue ne contenait pas d'amalgame, car par un lavage à la batée, on peut rassembler les globules au centre, et il suffit de les comprimer avec la paume de la main pour voir suinter les gouttelettes de mercure qui se réunissent dans une seule masse, tandis que le dépôt noir adhère à la peau. Le même phénomène s'est produit lorsqu'on a essayé d'amalgamer en *pan*, et c'est ce qui est cause de la grande perte en mercure constatée dans l'amalgamation au tonneau ; enfin, la présence du bismuth, en détruisant l'affinité du mercure pour l'or, accroît la difficulté de l'amalgamation.

Grillage. — Pendant l'année 1892-93, la préparation mécanique et les résidus de l'amalgamation ont produit 780 tonnes de concentrés contenant beaucoup de pyrite arsénicale, à griller et à chlorurer.

L'atelier comprend 2 fours semblables à celui représenté FIG. 1 à 3, PL. I, tome XIII, 1^{re} livraison ; il est à 2 soles d'une largeur uniforme de 3^m,05 et de 4^m,15 de long chacune, avec une différence de niveau de 0^m,10. De chaque côté du four, sont deux portes de travail par sole. Le foyer est disposé pour recevoir du bois comme combustible ; ses dimensions sont de 1^m,60 × 0^m,80. Dans l'intérieur du pont et sur toute la largeur du four se trouve un petit canal d'où partent trois petits carneaux ménagés dans l'autel et par lesquels passe l'air nécessaire au grillage lorsque les portes de travail sont fermées. A la suite du four, est une fosse A, dans laquelle tombent les parties de minerai les plus

lourdes entraînées par les gaz, puis des chambres de condensation, et enfin un rampant de 40 mètres de longueur qui épouse la pente de la montagne et aboutit à une cheminée de 7 mètres de hauteur.

La trémie, d'une capacité de 600 litres, contient une charge de 900 à 1000 kil. Le minerai, étalé sur la sole la plus éloignée du foyer, a une épaisseur de 5 à 6 centimètres ; il se sèche et éprouve un commencement de grillage. Au bout de 8 heures, 20 p. % de soufre sont éliminés ; on fait alors passer le minerai sur l'autre sole où se complètent l'oxydation du soufre, la volatilisation de l'arsenic, la décomposition des sulfates de fer, etc., et où il reste encore pendant 8 heures. On constate la disparition des sulfates, en prenant une petite quantité de minerai sur divers points de la sole, que l'on verse dans de l'eau bouillante ; on filtre et on ajoute dans la liqueur quelques gouttes de ferro-cyanure de potassium, qui produit une coloration bleue s'il existe encore des sels solubles de fer ; dans ce cas, on continue le grillage. Malgré tous les soins apportés à l'opération, on ne parvient pas à éliminer tout l'arsenic et, comme nous le verrons plus loin, il reste toujours de l'arséniaté de fer dans le minerai grillé ; il ne gêne d'ailleurs pas le traitement chimique, à la condition de prendre quelques précautions.

Les ouvriers, au nombre de deux par poste de huit heures, sont occupés à faire des râblages principalement sur la première sole de grillage, afin d'empêcher les grains de se fritter et de former des noyaux qui se grillent imparfaitement ; ils travaillent chacun d'un côté du four. Après 16 heures de séjour dans le four, on fait tomber la charge par une ouverture B, ménagée dans la sole près d'une des deux portes les plus rapprochées du foyer, dans un wagonnet placé au-dessous, que l'on conduit sur l'aire de refroidissement. Les pous-

sières entraînées qui se déposent dans la fosse A, sont jointes aux sables grillés ; quant aux dépôts des chambres de condensation et du rampant, en partie composés de poussières arsénieuses, ils ne font l'objet d'aucun traitement.

On consomme en moyenne 3,3 stères de bois par tonne de sables traités, ou 10 stères par 24 heures.

Les sables grillés conservent à peu près le volume des sables crus, mais le poids est considérablement diminué ; ainsi, pendant l'exercice de 1892-93, les 780 tonnes de concentrés crus ont donné 572 tonnes de minerai grillé, c'est-à-dire 73,33 p. %.

Le personnel du grillage comprend :

6 Grilleurs, 2 par poste de 8 heures, à.....	3' 08
1 Manceuvre de jour pour l'empilage du bois....	3 20

Aire de refroidissement. — La halle de refroidissement, simple hangar ouvert à tous les vents, comprend une plate-forme dallée de 9^m,50 de longueur sur 3 mètres de large, placée à 0^m,50 en contre-bas du niveau des fours. Une voie ferrée partant de ceux-ci, règne sur toute la longueur de l'aire, et une autre ligne placée sur le côté, à un mètre en dessous, conduit à l'atelier de chloruration. Après 2 heures de refroidissement, le minerai est transporté dans cet atelier.

Chloruration. — Le bâtiment de chloruration et de précipitation est divisé en 3 étages. A l'étage supérieur est une trémie pour le chargement du tonneau A (Fig. 4 et 5, PL. I, tome XIII, 1^{re} livraison), placé à l'étage moyen, et directement au-dessous de celui-ci, une seconde trémie pour déverser le contenu du baril dans la cuve de filtration B, placée à l'étage inférieur. Une pompe C fait le vide au-dessous du filtre et élève la

solution de chlorure à l'étage moyen, dans une cuve de réception D, d'où elle passe dans 3 barillets de précipitation E, disposés en gradins à l'étage inférieur. Une petite turbine placée à l'extrémité de l'atelier, sert à actionner les divers appareils.

Tonneau. — Le tonneau de chloruration, à peu près semblable à celui de l'amalgamation, est en bois, consolidé par deux plaques de fond en fonte portant des tourillons ; ses dimensions intérieures sont : longueur 1^m,50, diamètre au milieu 1^m,20, diamètre aux extrémités, 1 mètre. Il est enduit intérieurement d'une couche de peinture métallique rouge — dont on ne donne pas la composition — inattaquable aux acides.

La charge de minerai et de réactifs se fait dans l'ordre suivant :

Minerai grillé.....	1.000 kil.
Chlorure de chaux ..	12 —
Eau.....	850 —
Minerai grillé.....	1.000 —
Acide sulfurique du commerce.....	14 —

Le minerai est introduit en deux fois, dans le but d'empêcher le contact immédiat du chlorure de chaux avec l'acide sulfurique. On ferme aussitôt que possible l'ouverture de chargement, puis on donne au tonneau une vitesse de rotation de 8 tours par minute. Au bout de 4 à 6 heures, suivant la richesse des sables et la grosseur des grains d'or, les réactions sont terminées et l'on verse alors le contenu dans la trémie placée immédiatement au-dessous de la cuve de filtration et de lavage.

Filtration. — Cette cuve B (Fig. 77, page 778, tome XII, 4^e livraison) est en bois, rectangulaire, munie d'un

double fond formé d'un grillage en bois de 3 centimètres d'épaisseur, supporté par 2 traverses et recouvert d'une feuille de plomb percée de trous de 0,5 millimètre de diamètre. Sur cette feuille se trouve un nouveau grillage, dont les intervalles sont remplis de quartz blanc en grains de la grosseur d'une noisette ; enfin, le filtre est complété par une couche de sable quartzeux fin, d'un centimètre d'épaisseur. Du fond inférieur de la cuve, part le tube F (Fig. 4, Pl. I, tome XIII, 1^{re} livraison) d'aspiration de la pompe chargée de refouler la liqueur filtrée dans la cuve D ; ces deux cuves sont recouvertes intérieurement du même badigeon rouge du tonneau.

Le tonneau est complètement vidé et nettoyé, puis lorsque la solution aurifère a été en partie évacuée, on lave les sables à l'eau pure jusqu'à ce que le dernier liquide sortant de la cuve, ne donne plus la réaction de l'or par le sulfate de fer. On laisse égoutter complètement les sables, qui contiennent encore 9 grammes d'or à la tonne, puis on les décharge à la pelle dans un wagonnet pour les porter au tas des résidus.

Barillets de précipitation. — Du fond de la cuve D, part un tuyau G, qui conduit la liqueur dans une série de 3 barillets de précipitation E.

Ces barillets en bois, enduits de la peinture rouge et cerclés en bronze, ont un diamètre de 0^m,15 et une hauteur de 0^m,30 ; leurs faux-fonds sont percés de trous de 2 millimètres et recouverts de toile fine permettant à la liqueur de filtrer. Ils sont disposés en gradins et communiquent entre eux par des tuyaux partant du fond de l'un pour aboutir à la partie supérieure du suivant. Chaque barillet contient 2 kil. de protosulfure de cuivre en poudre, occupant une épaisseur de 5 centimètres.

Précipitation par le protosulfure de cuivre. — La solution aurifère, préalablement acidifiée par 2 kil. d'acide chlorhydrique dans la cuve D, arrive peu à peu dans le barillet supérieur, où la plus grande partie de l'or est précipitée par le sulfure de cuivre ; la précipitation s'achève dans les deux autres. A la fin d'une opération, on retire du barillet n° 1 une masse plus ou moins compacte d'une couleur jaune brun, composée d'or et de soufre avec une certaine quantité de sulfure de cuivre que l'on sépare du reste de la poudre non attaquée. Le barillet n° 2 et surtout le n° 3, contiennent encore une forte proportion de sulfure. Pour une nouvelle opération, le barillet n° 1 prend la place du n° 3 que l'on a chargé de réactif ; le n° 3 remplace le n° 2 qui devient le n° 1.

La durée de la précipitation est de 12 heures. La consommation de sulfure de cuivre par opération est de 200 grammes et la quantité d'eau pour le lavage est d'environ 1.800 litres. La liqueur chlorhydrique sortant des barillets n'est pas utilisée, bien qu'elle ait une certaine valeur à cause du cuivre contenu.

La précipitation se fait en liqueur acide, afin d'éviter la formation, en liqueur neutre, d'un précipité blanc jaunâtre d'arséniate de fer, qui augmenterait notablement les impuretés de l'or.

Dans le début, on employait le sulfate de fer comme précipitant ; on y a renoncé à cause de la difficulté que l'on a, dans ce cas, à rassembler le précipité dans les cuves. Il faut en effet beaucoup de temps pour atteindre ce résultat, mais on arrive à activer la concentration du précipité, en rendant la liqueur chlorhydrique fortement acide ; malgré cela, on ne peut rassembler complètement le dépôt qu'au bout de 48 heures, ce qui exige un matériel de précipitation assez important et encombrant. Par l'emploi du sulfure de cuivre, l'opé-

ration se fait au contraire rapidement dans les barillets qui occupent peu de place. On continue à aciduler par l'acide chlorhydrique, mais en moins grande quantité, uniquement pour éviter la formation d'un précipité abondant d'arséniate de fer. Enfin, le poids de sulfure de cuivre consommé est très faible relativement à celui de l'acide sulfurique nécessaire à la préparation du sulfate de fer que l'on fait sur place, d'autant plus que la matte épuisée, comme nous le verrons plus loin, après fusion plumbeuse, peut être en partie utilisée comme précipitant. Il en résulte une économie sensible sur la consommation des produits chimiques, économie que l'on peut évaluer à un tiers, comme le montrent les chiffres suivants, qui se rapportent à la tonne de minerai grillé.

	PRÉCIPITATION PAR LE			
	SULFATE DE FER		PROTOSULFURE DE CUIVRE	
	Poids Kilos	Valeur Francs	Poids Kilos	Valeur Francs
Chlorure de chaux à 115 f. p ^r 100 k.	4 »	4,60	4 »	4,60
Acide sulfurique :				
pour la chloruration.....	4,7	3,62	4,70	3,62
pour le sulfate de fer.....	2 »	1,54	»	»
à 77 fr. par 100 kilos.				
Acide chlorhydrique à 192 fr. par 100 kilos.....	3,34	6,41	0,67	2,24
Protosulfure de cuivre à 871 fr. par 100 kilos.....	»		0,14	1,21
Dépenses totales.....		16,17		11,67

On emploie encore quelquefois le sulfate de fer, quand le sulfure de cuivre vient, pour une cause quel-

conque, à faire défaut ou pour traiter certaines quantités de sables. On évite ainsi l'inconvénient que présente le sulfure d'exiger à l'affinage plusieurs fusions successives et de donner toujours un or de titre inférieur, tandis qu'une seule fusion au borax permet de transformer le précipité d'or obtenu par le sulfate de fer, en un lingot dont le titre est d'environ 980 millièmes, avec le fer métallique comme principale impureté.

Affinage. — L'affinage se fait en 4 opérations comprenant 3 fusions et une coupellation.

Les fusions se font dans un creuset en plombagine de 0^m,15 de haut et 0^m,10 de diamètre intérieur ; la coupellation s'exécute dans des coupelles de cendres d'os préparées au laboratoire, et pouvant contenir des culots de 250 à 500 grammes.

1^{re} Fusion. — On charge le précipité dans le creuset, de manière à le remplir au tiers et l'on ajoute du borax en quantité suffisante. Après fusion, on obtient un culot d'or renfermant 2 à 5 p. % de cuivre et représentant environ 25 p. % du poids du précipité ; au-dessus, se trouve une matte riche en or et enfin une scorie.

2^e Fusion. — La matte est broyée et mélangée avec du borax et du plomb granulé, dans la proportion de 5 à 10 p. % de la matte ; il a pour but de fixer le soufre en excès. Après fusion, on obtient un culot d'or à 10 p. % de cuivre, représentant 10 à 15 p. % du poids de la matte riche, une matte assez pauvre et une scorie.

3^e Fusion. — On charge la matte pauvre broyée dans un creuset avec du borax et un peu de plomb, puis la masse étant en fusion, on verse encore du plomb, dont le poids total est de 30 p. % de celui de la matte, en ayant soin d'agiter constamment les matières avec

une baguette en fer pour faciliter le rassemblement. Pour 500 grammes de matte, on obtient 10 à 20 grammes d'or concentrés dans le plomb d'œuvre. La matte épuisée que l'on trouve au-dessus du culot, est en partie utilisée comme agent de précipitation conjointement avec le sulfure de cuivre, en choisissant les fragments riches en cuivre et les broyant en poudre fine, tandis que l'on rejette les parties ferrugineuses.

Coupellation. — Elle se fait par les procédés ordinaires de laboratoire et donne un bouton d'or pur.

Les divers culots et boutons d'or sont finalement fondus ensemble pour les réunir en lingots dont le titre est compris entre 900 et 920 millièmes, le cuivre formant la principale impureté.

Le personnel de la chloruration et du laboratoire comprend :

1 Chimiste chargé de la surveillance, des essais et des fusions, à 257 francs par mois.

1 Chlorurateur, à 6 fr. 40 par jour.

1 Manceuvre pour les acides.

1 Garçon de laboratoire.

Frais spéciaux de traitement. — Pendant l'exercice de 1892-93, les dépenses de grillage, de chloruration et de fusion ont été :

	DÉPENSES PAR TONNE		
	DE		
	Minerai trié Francs	Concentrés crus Francs	Concentrés grillés Francs
Main-d'œuvre.....	0, 258	12, 35	16, 84
Combustible.....	0, 292	13, 94	19 »
Produits chimiques.....	0, 276	13, 14	17, 79
Fournitures	0, 224	10, 70	14, 59
Laboratoire	0, 040	1, 94	2, 64
Totaux.....	1, 090	52, 07	70, 86

Rendement à la chloruration. — La chloruration telle qu'on la pratique à Passagem, permet de retirer couramment 91 p. % de l'or contenu dans le minerai (1).

Production. — En résumé, on a obtenu par l'amalgamation et la chloruration pendant l'exercice de 1892-1893 :

(1) Coût d'établissement des ateliers de grillage et de chloruration.

Grillage :

Terrassements.....	4.300 ^f »	} 15.000 ^f »
Matériel, construction, couverture	10.700 »	

Chloruration :

Matériel expédié d'Angleterre, transport, etc.....	21.400 »	} 53.500 »
Halle de refroidissement ; construction, couverture, prise d'eau et canal de fuite.....	32.100 »	
Total		
		68.500 »

	AMALGA- MATION	CHLORU- RATION	TOTAL
Or en lingots, par tonne. gram.	7,91	1,45	9,36
Or en lingots, titre..... mil.	914,40	928,20	916,60
Or fin, par tonne..... gram.	7,23	1,35	8,58

Pertes en Or. — D'après les chiffres donnés par M. Ferrand se rapportant à une marche journalière normale, on peut établir comme suit le détail des pertes à la préparation mécanique et au traitement métallurgique.

Minerai extrait..... 130 tonnes.

Sterile provenant du triage 25 —

Minerai traité..... 105 — à 15 gr. d'or 1.575^g

Sterile produit par les tables N° 2....	4 ^h 570 à 14 ^g 2	64 ^g 89	} 437 ^g 79
— — N° 3....	3 300 à 18 2	60 06	
— — N° 4....	94 800 à 3 3	312 84	
Boues légères N° 5....	0 010	mémoire	

Résidus de la concentration 1 660 à 9 14^g 94

Total des résidus..... 104 340 tonn. contenant : Or 452^g 73

On aurait donc dû obtenir..... 1122 27

Tandis que l'on n'a obtenu que..... 1050

Soit un déchet de..... 72 27

Ce déchet tient probablement à une erreur dans les nombreuses prises d'échantillons, car il est toujours très difficile d'obtenir un échantillonnage moyen ; il peut aussi provenir, au moins en partie, de l'entraînement de l'or flottant dans les résidus de lavage. Dans ces hypothèses, et le rendement à la chloruration étant de 91 p. %, la perte à la préparation mécanique serait de 510,06 grammes d'or, ou 30 p. %, et le rendement total, 66 p. %.

Prix de revient total d'exploitation et de traitement. — Le prix de revient total d'exploitation et de traitement a été, par tonne de minerai trié :

	EXERCICE 1891-92 Francs	EXERCICE 1892-93 Francs
Administration.....	1,060	1,127
Exploitation.....	14,535	15,301
Traitement mécanique et métallurgique.....	3,964	4,991
Entretien du canal.....	0,417	0,705
Impôts et chargement d'or.....	0,896	0,667
Frais divers.....	0,408	0,404
Totaux.....	21,280	23,195

Bromuration. — On a essayé de substituer le brome au chlore ; on a obtenu d'excellents résultats, mais on a dû y renoncer surtout pour des considérations d'hygiène, les ouvriers ayant des difficultés énormes à travailler, sous un climat chaud, dans une atmosphère chargée de vapeurs de brome.

Remarques sur la méthode de Passagem. — Laisant de côté la préparation mécanique qui peut être certainement améliorée, nous ne nous occuperons que du traitement métallurgique.

L'amalgamation au tonneau exigeant une durée de 18 à 20 heures, démontre qu'une partie au moins des particules d'or ont leur surface altérée qui est décapée par suite des frottements produits pendant une longue rotation. L'amalgamation, ainsi que les opérations suivantes — lavages sur les tables n° 5 et à la batée, pulvérisation, etc. — coûtent très cher : 105 francs par tonne. Elles pourraient, ce nous semble, être

supprimées, en grillant dans un four Bruckner et en chlorurant les concentrés des tables n° 2, à la condition de faire passer ensuite les résidus privés d'arsenic et de bismuth sur des tables amalgamées, où tout l'or gros non dissous, bien décapé, serait complètement retenu. Il serait possible alors de ne pas pousser aussi loin l'enrichissement sur les tables n° 3, ce qui permettrait de ne pas rejeter journellement comme stérile, 3,3 tonnes de sables contenant 18,2 grammes d'or aux 1.000 kil.

Si l'on voulait traiter les minerais triés ou seulement les concentrés par la cyanuration, il serait nécessaire de les griller ; le rendement en or ne dépasserait probablement pas 70 à 75 p. %, la consommation de cyanure de potassium serait certainement élevée, de sorte que cette méthode de traitement ne nous paraît pas devoir convenir aux minerais de Passagem.

§ 3. — Minerais réfractaires.

Sous cette dénomination, nous comprenons les quartz aurifères qui ne cèdent à l'amalgamation aucune, ou seulement une faible partie de leur or. Ces minerais sont beaucoup plus communs qu'on ne se le figurait il y a quelques années. Leur importance n'a commencé à être connue du public, que depuis les perfectionnements apportés à la méthode Thies et l'application industrielle de la cyanuration. La longue liste des mines abandonnées jadis par suite de l'impossibilité d'amalgamer l'or de certains gisements et reprises avec succès, prouve que les minerais réfractaires sont loin d'être une exception.

Dans les minerais rebelles, on doit évidemment comprendre les pyrites aurifères provenant de la concentration des résidus de l'amalgamation, ou les schlichs

obtenus par la préparation mécanique directe. Dans le cours de ce travail, nous avons donné quelques exemples de traitement de ces produits par la méthode Plattner, nous n'en citerons qu'un seul relatif à la méthode Thies, celui des mines Phœnix et Haile, North et South Carolina (Etats-Unis).

Des renseignements complets nous manquent pour quelques-uns des districts miniers dont nous nous occuperons dans ce paragraphe, mais nous avons pensé qu'il serait intéressant de faire connaître l'historique des tentatives longtemps infructueuses faites pour arriver aux méthodes de traitement actuelles.

A. MINES PHŒNIX ET HAILE, NORTH ET SOUTH-CAROLINA
(Etats-Unis) (1).

Minerais. — Les minerais traités sont des pyrites provenant de la préparation mécanique. Celles de la mine Phœnix contiennent une quantité très appréciable de chalcoppyrite, tandis qu'à la mine Haile, elles sont très pures. La dissolution de l'or se fait par la méthode Thies.

Grillage. — A Phœnix, on emploie un four à sole tournante, de 3^m,60 de diamètre suivi d'un reverbère, pour compléter le grillage. On grille 907 kil. — une tonne anglaise — de schlichs en 12 heures, avec une consommation de 1,447 stère de bois par tonne métrique ; la dépense en main-d'œuvre est de fr. 5,16, et celle pour force motrice est de fr. 1,43 par 1.000 kil.

A Haile, un four à reverbère double grille 1.814 kil. par 24 heures. La consommation totale de combustible est de 3,5 stères de bois, valant fr. 1,78 le stère. La main-d'œuvre comprend 4 ouvriers — 2 par poste de

(1) Eissler.

12 heures ; — les frais spéciaux de grillage sont de fr. 16,54 par tonne de minerai grillé.

Pour s'assurer que l'oxydation est complète, on prend un échantillon sur toute la surface de la sole située près du foyer avant d'extraire une charge du four et on le met dans l'eau bouillante. On remue avec une tige en fer bien décapée : si le métal se ternit, c'est une preuve qu'il reste encore des sulfates non décomposés.

Chloruration. — Le tonneau est un cylindre en tôle de 1^m,067 de diamètre et de 1^m,524 de long, avec des fers cornières aux extrémités boulonnés à 2 fonds en fonte portant des tourillons, sur l'un desquels se trouvent 2 poulies : l'une fixe, l'autre folle. L'intérieur du tonneau est garni de feuilles de plomb exempt de zinc, pesant 50 kil. au mètre carré. L'ouverture de chargement de 0^m,15 de diamètre, peut être fermée hermétiquement au moyen d'un bouchon garni de plomb.

Au commencement d'une opération, on charge d'abord 450 à 650 litres d'eau, puis 907 à 1.136 kil. de minerai grillé, de manière à former une pulpe liquide. Pour les minerais cuivreux de Phoenix, on ajoute la moitié des réactifs, c'est-à-dire 5 kilos de chlorure de chaux et 6^k,250 d'acide sulfurique du commerce, par tonne de pyrite grillée. On ferme le tonneau que l'on fait tourner pendant 3 ou 4 heures, à raison de 15 révolutions par minute ; on arrête ensuite et l'on introduit le reste des réactifs ; en fractionnant la charge, on obtient, paraît-il, un meilleur rendement. On met de nouveau en mouvement pendant 2 ou 3 heures, et si, en ouvrant une petite soupape placée sur le tonneau, on ne sent plus l'odeur du chlore, le minerai est déchargé dans une caisse peu profonde doublée en plomb, au bas de laquelle se trouve un filtre de 0^m,27 d'épaisseur ; le fond est incliné de 2,5 centimètres vers un orifice d'écoulement.

On pourrait croire que l'usure de la garniture en plomb doive être assez rapide ; il n'en est pas ainsi, car après 5 ans de service elle est presque nulle.

Le filtre se compose de tuiles vitrifiées posées sur un faux-fond et recouvertes de gravier et de sable ; afin de prévenir toute détérioration de la couche filtrante pendant le déchargement des résidus, le filtre est protégé par des liteaux de bois de 4 centimètres de côté et distants de 0^m,20 à 0^m,25.

Avant d'introduire la charge dans la cuve de filtration, on fait arriver par le bas une certaine quantité d'eau, de manière à recouvrir le filtre sur quelques centimètres de hauteur, afin que la pulpe en tombant du tonneau ne se tasse pas, ce qui rendrait la filtration beaucoup trop longue ; l'épaisseur du minerai chloruré dans la cuve, est d'environ 0^m,20.

Lorsque le tonneau est vidé, nettoyé et rechargé, on ouvre le robinet situé au-dessous du faux-fond de la caisse de filtration, et la solution aurifère se rend dans une cuve de clarification doublée en plomb. Aussitôt que la surface du minerai est découverte, on fait arriver une certaine quantité d'eau, puis quand les matières paraissent à nouveau, on remplit la cuve de liquide ; le minerai est alors recouvert de 0^m,28 d'eau. A Phœnix, le volume d'eau ainsi consommé est suffisant pour entraîner tout le chlorure d'or. La solution doit être acide, afin que toute la chaux soit saturée, sans quoi le sulfate de fer donnerait un précipité volumineux de sulfate de chaux.

Précipitation. — Après un repos suffisamment prolongé pour que la clarification soit complète, la liqueur aurifère est conduite dans une cuve peu profonde doublée en plomb, où la précipitation de l'or est produite par le sulfate de fer. Pour 3 tonnes de pyrite grillée,

les dimensions de la cuve sont : 1^m,80 à 2^m,40 de diamètre et 0^m,90 de profondeur. Au bout de 24 heures, on s'assure que tout l'or a été précipité et on laisse en repos pendant 3 jours, ce qui exige un nombre de cuves assez grand pour le roulement de l'usine. Le liquide désaurifié se rend enfin dans un réservoir contenant des morceaux de fer pour retirer le cuivre.

Frais spéciaux. — A Haile, où les pyrites sont pures, on consomme 5 kil. de chlorure de chaux et 7¹/₂,500 d'acide sulfurique par 1.000 kil. de minerai grillé. Avec 2 tonnes, on peut traiter 3.628 kil. pendant 10 heures. Un chlorureur et 2 manœuvres suffisent amplement à la chloruration.

Nous avons donné, page 786, tome XII, 4^e livraison, les détails des frais spéciaux de chloruration ; ils s'élèvent à fr. 11,90 par tonne de minerai grillé, correspondant à 1.333 kil. de pyrite crue, ou à fr. 8,93 de schlichs. Les frais spéciaux totaux de traitement sont de fr. 25,17 par tonne de concentrés crus.

Rendement en or. — Le rendement à la chloruration est de 94 p. % de l'or indiqué par les essais.

B. MOUNT-MORGAN, QUEENSLAND (Australie).

Le fameux gisement de Mount-Morgan est un des types les plus intéressants des minerais réfractaires. La roche qui le compose (1) ne contient que des traces de soufre, d'arsenic et d'antimoine ; l'or que l'on y trouve en petites parcelles est presque parfaitement pur, il ne renferme que des traces d'argent, et cependant, on n'a pu obtenir qu'un rendement de 20 à 25 p. % par les méthodes les plus perfectionnées d'amalgamation. La

(1) Cumenge et Fuchs. Encyclopédie chimique, 1889.

richesse de ces minerais était, il y a quelques années, de 110 à 148 grammes à la tonne ; elle n'est actuellement que de 60 grammes environ.

La gangue, de couleur brune, est composée de silice et d'oxyde de fer tantôt combinés, tantôt variant de la silice pure à une véritable limonite ; on rencontre souvent dans le minerai des masses en forme de stalactites, qui présentent, dans une section transversale polie, des zones concentriques, les unes formées de silice pure, les autres de limonite pure, les premières montrant beaucoup d'or visible, les secondes donnant également à l'essai une grande richesse.

Si un morceau de minerai brun est laissé en digestion pendant quelques jours avec de l'acide chlorhydrique, l'oxyde de fer se dissout complètement et laisse un résidu spongieux presque entièrement formé de silice pure, de même forme et à peu près de mêmes dimensions que le morceau primitif, dans lequel on peut apercevoir de minces parcelles d'or en feuille. Le résidu siliceux pressé entre les doigts, ne laisse pas de matière sableuse, mais se réduit en pâte.

Après l'insuccès de l'amalgamation, on fit plusieurs tentatives de traitement, mais toutes échouèrent. La chloruration directe par le procédé Plattner fut essayée ; elle donna des résultats encore moins bons que l'amalgamation. C'est alors que M. J. Cosmo Newbery, chef du *Technical Museum* de Melbourne, aidé de M. Claude Vautin, reprit toutes les expériences de chloruration et d'amalgamation précédemment tentées.

En examinant la nature de la gangue, ils reconnurent qu'elle était composée de silice et d'oxyde de fer hydraté, et que lorsque, par la calcination, l'eau de combinaison était expulsée, les résidus calcinés pouvaient abandonner par les méthodes d'amalgamation ordinaires la plus grande partie de l'or contenu : les résidus

du traitement, ne donnant plus à l'essai que 15 à 30 grammes à la tonne, au lieu de 155 à 186 grammes comme précédemment.

En soumettant ces résidus à la chloruration par la méthode Plattner, les résultats furent encore plus satisfaisants au point de vue des résidus finaux, réduits à 0,132 ou 0,195 grammes à la tonne ; mais une autre difficulté vint forcer à abandonner ce dernier procédé. Le minerai est si friable, qu'une énorme proportion de schlamms est produite par le broyage, et ces matières empêchent presque entièrement la pénétration du chlore gazeux et la filtration ultérieure dans de simples bacs telles qu'elles s'exécutent dans la méthode Plattner. C'est pour vaincre cette dernière difficulté que MM. Newbery et Vautin imaginèrent d'employer le chlore sous pression. Une usine importante fut construite à Mount-Morgan suivant leurs indications ; les résultats furent très satisfaisants au point de vue du rendement, mais la difficulté de maintenir les appareils en bon état, les fuites de gaz, etc., firent abandonner cette méthode pour la remplacer par celle de Thies.

D'après le dernier rapport publié par la Compagnie, donnant les résultats des opérations pendant les 6 mois prenant fin le 30 novembre 1897 (1), il paraît que le chlore n'est plus produit dans la masse du minerai, et que la dissolution de l'or se fait par de l'eau chlorée ; le gaz est obtenu comme dans la méthode Plattner, au moyen d'acide sulfurique, de peroxyde de manganèse, de sel marin et d'eau.

Frais d'exploitation et de traitement. — Du document précédent, nous extrayons les renseignements suivants :

(1) *Engineering and Mining journal* : 23 avril 1898.

Les dépenses d'exploitation et de traitement ont été de fr. 60,43 par tonne de minerai, et les frais totaux de fr. 69,54.

Pendant la période considérée, on a traité :

			grammes d'or à la tonne
Minerai oxydé.....	31.127 tonnes qui ont produit		27 ^e 70
— pauvre	25.747	—	14 26
Pyrite de fer.....	9.890	—	146
Total.....	66.764	moyenne	55 71

C. DISTRICT DES BLACK-HILLS, DAKOTA (Etats-Unis).

Minerais. — A Postdam, près de Deadwood-City, non loin des grands moulins d'amalgamation de Homestake, Golden-Star, etc., on a découvert, il y a plusieurs années, des gisements aurifères très importants qui, pendant longtemps, ont résisté à toutes les tentatives de traitement.

Le quartz est en couches dans des quartzites et des porphyres ; leur épaisseur varie d'un à 4 mètres ; elles sont reconnues sur une longueur de plusieurs kilomètres.

Les minerais contiennent 78 p. % de silice et 60 à 500 francs d'or à la tonne. Près de la surface, ils sont complètement oxydés, mais à une certaine profondeur ils sont inaltérés (1) — *blue-ores*. — Ceux-ci montrent fréquemment une quantité considérable de pyrites en grains très fins se pulvérisant difficilement. Ils renferment seulement des traces de cuivre, rarement de l'arsenic et de l'antimoine, mais presque toujours du tellure et une quantité très variable d'argent ; leur teneur en soufre n'est, en moyenne, que de 1 à 5 p. %.

(1) Transactions of the American Institute of Mining Engineers : juillet 1897.

L'or est à un état de division extrême, il est rare que, par l'examen le plus attentif, on puisse en constater la présence. Des analyses par grosseurs, démontrent que les métaux précieux sont distribués avec une grande uniformité dans la masse minérale.

Essais de traitement. — L'amalgamation ordinaire ne donna aucun résultat. En 1879 ou 1880, on essaya l'amalgamation en pans sur des minerais renfermant environ fr. 200 d'or et d'argent à la tonne ; on ne retira que 30 p. % du premier métal et 50 p. % du second ; presque toutes les exploitations furent abandonnées.

A la suite de quelques essais de chloruration, la compagnie Golden-Reward installa, en 1889, à Deadwood, une usine pour le traitement de 45 tonnes par jour par la méthode Thies, qui se développa rapidement.

En 1890, la Deadwood and Delaware Company construisit une usine de fusion, dont l'importance est actuellement considérable.

En 1892, la Black-Hills Gold Extraction Company établit un atelier de cyanuration de 27 tonnes par jour, qui n'a pas marché d'une manière régulière, et dont l'installation paraît défectueuse.

Enfin, en novembre 1895, la Kildonan Milling Company inaugura à Pluma, près de Deadwood, une seconde usine de chloruration par la méthode Thies, d'une capacité journalière de 68 tonnes.

Au début de cette longue période de tâtonnements, il était impossible de traiter avec profit des minerais contenant pour une valeur inférieure à fr. 170 d'or et d'argent à la tonne, même avec des frais d'exploitation peu élevés, tandis qu'actuellement on fait de beaux bénéfices avec une richesse de fr. 85.

Afin de montrer l'importance qu'a prise l'exploitation des minerais réfractaires dans cette région, nous don-

nous ci-dessous la production du district de Potsdam en 1896 et le tonnage traité par les usines.

Deadwood and Delaware Smelting C ^o (fusion p ^r matte)	59.500 ⁺
Golden-Reward Company (chloruration).....	35.300
Kildonan-Milling Company id.	32.600
Black-Hills Gold Extraction Company (cyanuration)..	6.000
Minerais exportés.....	4.300
Total	137.700

Usine de Golden-Reward. — Les minerais passent d'abord dans des concasseurs, de là ils vont dans des séchoirs rotatifs comme celui décrit page 599, tome XII, 3^e livraison, puis dans d'autres concasseurs où ils sont réduits en fragments d'environ 3,5 centimètres. Le produit tombe dans des trommels dont les tamis sont des numéros 8 à 12 — mailles de 1,5 à 1,39 millimètre environ — les refus arrivent dans des cylindres broyeurs écartés de 1,8 centimètre. De nouveaux trommels éliminent les matières fines, tandis que les refus se rendent à des cylindres finisseurs, dont l'écartement est égal à la grosseur minima que l'on désire obtenir. Une dernière série de trommels sépare les sables trop gros, qui retournent aux cylindres finisseurs au moyen d'un élévateur à courroie.

Une analyse par grosseurs, a donné les proportions suivantes :

Refus du tamis	N ^o 10.....	32	pour 100
—	— N ^o 20.....	29	—
—	— N ^o 40.....	23	—
—	— N ^o 60.....	7	—
—	— N ^o 80.....	2	—
—	— N ^o 100.....	3	—
Passant au tamis	N ^o 100.....	4	—
Total.....		100	

Dans les premières années qui suivirent la construction de l'usine, le grillage se faisait dans des fours Bruckner et dans des fours rotatifs à décharge continue ; enfin, en 1895, on mit en marche un four Brown d'une capacité de 50 tonnes par jour, qui donna d'excellents résultats.

La chloruration, la précipitation, etc., sont conduites comme nous l'avons indiqué pages 787 et suivantes, tome XII, 4^e livraison ; nous n'y reviendrons donc pas.

Prix de revient. — M. J.-E. Rothwell (1) donne, comme suit, le détail du prix de revient du traitement par tonne, pendant qu'il dirigeait les opérations à Golden-Reward en 1892.

Minerai traité.....	tonnes	4.543
Nombre de jours de travail.....		108
—	tonnes traitées par jour.....	42,062
Prix de revient :		
Broyage.....		7 ^r 896
Grillage.....		7 951
Chloruration.....		9 620
Réparations, etc.....		2 615
Frais généraux, non compris l'amortissement, les assurances, etc.....		2 236
Total.....		30 ^r 318

Les frais de broyage, très élevés, étaient dus à une disposition défectueuse du moulin. Le grillage se faisait dans des fours Bruckner de 3 tonnes seulement de capacité, et la consommation de réactifs pour la chloruration était considérable. En 1893, avant l'introduction du four Brown, M. Rothwell considérait comme

(1) *Engineering and Mining Journal* ; 25 mars 1893.

très possible de traiter des minerais semblables à ceux de Golden-Reward, à un prix de revient pouvant varier de fr. 11,50 à fr. 14,50 par 1.000 kilos, dans le cas d'une usine traitant de 113 à 181 tonnes de minerai par jour. Le chiffre de fr. 13 — non compris les frais généraux — que nous avons établi, pages 801 et 802, tome XII, 4^e livraison, est donc justifié, surtout si l'on tient compte de l'économie produite par le four Brown.

Les minerais contenant plus de 100 grammes d'argent à la tonne, sont traités par le cyanure de potassium dans des tonneaux tournants avec filtre intérieur ; la précipitation des métaux précieux se fait par le zinc. Ce procédé de cyanuration par rotation permet de réduire considérablement la durée du contact et d'éviter la construction d'un grand nombre de cuves.

L'usine de Golden-Reward peut traiter en pleine marche : 136 tonnes de minerais oxydés et 90 tonnes de *blue-ores* par jour ; celle de Kildonan a une capacité de 90 tonnes.

Rendement en or. — Les résultats financiers de ces deux usines ont prouvé que la méthode de traitement employée est très rémunératrice pour les actionnaires, mais, d'après l'opinion de plusieurs ingénieurs, le rendement ne serait pas très élevé ; quelques-uns ne le chiffrent pas à plus de 85 p. 0/0, d'autres estiment qu'il est inférieur à 80. Il est certain que le broyage est beaucoup trop grossier, et il est probable, si cela ne se fait pas actuellement, qu'il serait avantageux de pulvériser le minerai, de manière à ce que le produit puisse passer par des tamis n° 30 ou n° 20.

Usine de Deadwood and Delaware. — En 1890, cette Compagnie construisit une usine d'essai pour traiter par fusion certains minerais réfractaires de la

région ; depuis cette époque, elle a pris une extension considérable et, actuellement, elle peut traiter environ 200 tonnes par jour.

Les minerais à fondre contiennent 78 p. 0/0 de silice ; ils exigent une grande quantité de fondants, qui sont fournis par les schlichs aurifères des moulins d'amalgamation voisins et d'autres provenances, ainsi que par des calcaires magnésiens situés à une faible distance.

Les schlichs et les minerais bruts en poussière, sont grillés et agglomérés dans des fours à reverbère, puis fondus pour matte ; mais au lieu de réunir les métaux précieux dans un plomb-d'œuvre comme cela se faisait au début, on ajoute au lit de fusion des minerais de cuivre sulfuré, pour former une matte d'un poids beaucoup plus faible que celui de la matte ferrugineuse que l'on produisait autrefois.

Les minerais de cuivre viennent du Montana ; leur proportion varie suivant les approvisionnements, de manière à ce que le lit de fusion contienne 2 à 10 p. 0/0 de cuivre ; la moyenne est aux environs de 5 p. 0/0.

Quand l'usine est en pleine marche, la composition du lit de fusion journalier est :

Minerais siliceux...	tonnes 163,2	soit 34,61	pour 100
Schlichs aurifères..	» 90,7	» 19,24	—
Minerai de cuivre..	» 54,4	» 11,54	—
Calcaire magnésien	» 163,2	» 34,61	—
Totaux.....	» 471,5	» 100	» —

Lorsqu'on emploie du coke de l'Est des Etats-Unis, la consommation est de 10 à 12 p. 0/0 du lit de fusion.

Les 471,5 tonnes de lit de fusion sont fondues dans 3 fours à cuve à circulation d'eau, *water jackets* ; la séparation de la matte des scories se fait dans un

creuset extérieur. Les scories renferment 52 p. 0/0 de silice, 0,17 à 0,34 grammes d'or et 7 à 14 grammes d'argent à la tonne, c'est-à-dire que presque tout l'or et 90 p. 0/0 de l'argent sont rassemblés dans la matte. Celle-ci est expédiée à des usines à cuivre, où les métaux précieux sont concentrés dans une petite quantité de cuivre, *bottoms*, et séparés par voie humide.

Les minerais sont achetés aux mines, en garantissant un rendement de 95 p. 0/0 en or et 90 p. 0/0 en argent, sous déduction de fr. 57,33 par tonne.

D. DISTRICT DE BOULDER, COLORADO
(Etats-Unis).

Minerais. — Dans ce district (1) l'or est presque entièrement associé au Tellure. Les principales espèces minérales sont : la Sylvanite (Au Ag Te^2), la Petzite — 4 Ag Te Au Te , quelquefois la Hessite — Ag Te ; on trouve aussi l'Altaïte — Pb Te , du Nickel telluré, de la Bornine — Bi Te , et des Tellurates de fer; la Marcassite et la pyrite de fer sont plus ou moins abondantes; le tout est disséminé dans une gangue calcaire magnésienne ou quartzreuse; l'argent est en très petite quantité.

Dans les premières années qui suivirent la découverte des gisements, on n'exploitait que les minerais qui contenaient plus de 130 grammes d'or à la tonne, et on les expédiait à des usines assez éloignées des mines; mais leur richesse ayant diminué, on fut obligé de les traiter sur place. On construisit une vingtaine de moulins d'amalgamation, qui presque tous échouèrent dans le traitement de ces minerais. On fit de la concentration, mais lorsqu'on broie des minerais tellurés

(1) *Engineering and Mining Journal*; 29 janvier 1898.

assez finement pour passer par des tamis n° 30 et 40, les tellurures se réduisent en lamelles très ténues qui flottent et que les concentrateurs ne retiennent pas. Quant à la cyanuration, elle a eu très peu de succès, excepté dans un ou deux cas, où on avait à traiter des minerais oxydés dont l'or était libre.

Usine de Delano. — Les propriétaires de la mine Delano, après avoir fait étudier les méthodes de traitement employées à Cripple-Creek, où les minerais sont à peu près semblables à ceux de Boulder, construisirent une usine de chloruration d'une capacité de 50 tonnes par jour. Elle est en marche depuis le milieu de 1897, et les résultats obtenus ont prouvé que la méthode Thies est parfaitement adaptée à la nature des minerais ; ceux-ci ont une teneur en soufre de 2,5 p. 0/0.

Les ateliers de broyage, de grillage et de chloruration, sont situés sur un terrain plat ; tous les transports d'un appareil à l'autre, sont faits mécaniquement.

Broyage. — Le minerai est délivré à un concasseur Blake, dont l'ouverture des mâchoires est de 0^m,225 × 0^m,375 ; puis il passe dans une paire de cylindres dégrossisseurs de 0^m,90 de diamètre, 0^m,40 de large et écartés de 6 millimètres. Le produit tombe dans un canal dans lequel se trouve une plaque de tôle mobile, horizontale, échancrée sur un dixième de sa largeur ; ce qui passe dans cette rainure, est mis de côté pour l'essai au laboratoire.

Le minerai grossièrement broyé, est élevé dans la trémie d'un séchoir rotatif. A la sortie de celui-ci, un élévateur le distribue dans des trommels dont les tamis ont des mailles de 0,88 millimètre, correspondant au n° 20. Les refus tombent dans deux paires de cylindres finisseurs de 0^m,75 de diamètre et de 0^m,35 de long ;

le produit est transporté mécaniquement à un four de grillage Pearce. Une analyse par grosseurs, donne :

Refus du tamis	N° 20.....	3,7 pour 100	
—	— N° 30.....	34	—
—	— N° 40....	16	—
—	— N° 60.....	16	—
—	— N° 80.....	9	—
—	— N° 100.....	6,2	—
Passant au tamis	N° 100.....	15,1	—
Total		100	

On prend les plus grandes précautions pour éviter les pertes par les poussières. Pendant le broyage entre les cylindres, le minerai est légèrement humecté ; le sol de l'atelier est arrosé deux ou trois fois par jour ; les canaux dans lesquels tombent les produits des cylindres broyeurs, les élévateurs, les caisses des trommels, tous fermés, sont reliés à un ventilateur qui entraîne les poussières dans une grande caisse.

Grillage. — Le four Pearce a 12 mètres de diamètre ; les bras des râbles sont creux et refroidis par de l'eau. Il y a 3 foyers, chauffés ordinairement avec de la houille ligniteuse. La température du grillage est assez élevée, et l'on a remarqué que pour une bonne marche, la chaleur produite par chaque foyer doit être maintenue uniforme ; aussi, a-t-on l'habitude de les tenir pleins de combustible et de faire arriver un jet de vapeur sous les grilles. Lorsque le grillage est bien fait, le minerai grillé ne contient que des traces de soufre.

En sortant du four, le minerai est distribué mécaniquement dans des tuyaux métalliques de 0^m,10 de diamètre, inclinés de façon à ce qu'il descende lentement dans un réservoir, d'où une vis de transport le conduit à un élévateur qui le déverse dans les trémies

des tonneaux de chloruration. Tous les tuyaux sont renfermés dans une caisse dans laquelle circule continuellement de l'eau froide ; en outre, on fait tomber de l'eau en pluie en divers points de la vis de transport ; le refroidissement n'est pas parfait, mais il est suffisant pour que les courroies des élévateurs ne soient pas endommagées.

Chloruration. — L'atelier de chloruration est divisé en 5 étages. Sur le plancher supérieur, se trouvent 3 trémies d'une contenance de 5 tonnes, situées au-dessus d'un nombre égal de tonneaux en fer de même capacité. Ces tonneaux sont munis de filtres Rothwell ; l'épaisseur de la couche filtrante est de 0^m,15. Pendant les premiers jours de marche, on constata que la filtration se faisait très lentement ; pour la faciliter, les grains fins de quartz du filtre furent remplacés par d'autres ayant passé par un tamis n° 2 — mailles de 9 millimètres environ, — il n'y a pas d'inconvénient à ce que les solutions aurifères contiennent une petite quantité de schlamms, parce qu'ils se déposent dans les caisses de clarification.

Après de nombreuses expériences, on a trouvé que les meilleures proportions de réactifs étaient : 7^k,491 d'acide sulfurique à 66 degrés Beaumé et 5 kilos de chlorure de chaux. La filtration se fait sous une pression comprise entre 1^k,450 à 3 kilos par centimètre carré, et sa durée varie de 60 à 90 minutes.

Au-dessous des tonneaux, se trouvent 4 bacs de dépôt (n° 1), pouvant contenir chacun les solutions de 25 tonnes de minerai. Au même niveau, sont disposées 2 autres caisses de clarification (n° 2), et 2 bacs de précipitation de même capacité. Le transfert des solutions de chaque série de cuves dans la suivante, se fait au moyen d'air comprimé. Tous les bacs de la première

série sont réunis par le fond à un tuyau commun en plomb de 7,5 centimètres de diamètre. Un branchement de même dimension, descend à une certaine distance au-dessous, puis il remonte à la partie supérieure de la série suivante. Un peu au-dessus du coude inférieur, aboutit un tuyau en relation avec un réservoir à air comprimé. Le robinet de la solution aurifère étant ouvert, celle-ci prend son niveau dans les deux branches du tuyau, et aussitôt que l'on admet l'air comprimé, le liquide est entraîné dans les bacs suivants.

La solution reste 12 heures dans les caisses n° 1 et autant dans les caisses n° 2 ; ce temps est parfaitement suffisant pour la clarification.

Précipitation. — La précipitation se fait par l'acide sulfhydrique, après avoir réduit les sels au minimum par l'acide sulfureux ; les quantités de réactifs consommées par tonne de minerai, sont : 62,4 grammes de soufre, 374 grammes de sulfure de fer et 624 grammes d'acide sulfurique. La précipitation et le traitement du précipité, se font comme nous l'avons dit page 790, tome XII, 4^e livraison.

Rendement en or. — Quand les minerais sont bien grillés, le rendement en or atteint 95 p. % de la teneur indiquée par les essais.

E. DISTRICT DE CRIPPLE-CREEK, COLORADO (Etats-Unis).

Minerais. — Les minerais de Cripple-Creek gisent dans des porphyres et des granites ; ils sont très siliceux et contiennent du spath-fluor en petits cristaux cubiques de couleur pourpre pâle.

Au-dessous du niveau des eaux permanentes, l'or est engagé dans des combinaisons tellurées, tandis que

près de la surface où l'oxydation a été complète le métal précieux est à l'état libre, mais à peu près réfractaire à l'amalgamation ; il se présente alors généralement sous forme spongieuse ; il est très friable et recouvert d'une pellicule d'oxyde de fer hydraté.

L'historique de l'industrie de l'or dans ce district, est le même que pour la région des Black-Hills ; c'est seulement depuis l'introduction de la chloruration et de la cyanuration, qu'elle a pris un grand développement. La cyanuration, appliquée aux minerais non oxydés, ne donne des résultats satisfaisants qu'après un grillage préalable ; elle convient surtout aux minerais renfermant une certaine quantité d'argent.

Les minerais très riches sont expédiés aux usines de fusion de Denver, Pueblo, Leadville (Colorado), les autres sont traités sur place par chloruration ou cyanuration. Nous manquons de renseignements sur la conduite des opérations et les résultats du traitement (1).

Production. — Le district de Cripple-Creek a acquis pendant ces dernières années une très grande importance. Ainsi, à la fin de 1892, sa production représentait seulement une valeur de 10.000 francs environ ; en 1894, elle atteignit près de 17 millions ; 35 millions en 1895, et plus de 45 millions de francs en 1896.

Les usines de traitement existant dans ce district, peuvent être classées comme suit (2) :

Chloruration : 4 établissements, dont l'un peut traiter 180 à 270 tonnes par jour ; les 3 autres sont d'une capacité inférieure.

(1) Certains minerais de surface, chlorurés à l'état cru, ont donné au laboratoire un rendement variant de 14 à 100 p. %.

(2) *Engineering and Mining journal* ; 8 janvier 1898.

Cyanuration : 2 usines pouvant traiter ensemble, en pleine marche, 480 tonnes.

Enfin, une usine à chloruration et cyanuration, de 110 à 120 tonnes par jour.

F. EXEMPLES DE CYANURATION

Nous terminerons ce paragraphe par 2 exemples de cyanuration :

1° Cyanuration directe à la mine Mercur, Utah (Etats-Unis).

2° Cyanuration d'anciens résidus à Croyden (Australie).

Mercur (1). Utah. Minerai. — Le minerai est un calcaire siliceux contenant de l'oxyde de fer magnétique, des traces de cinabre, de l'or et pas d'argent. On ne sait pas exactement à quel état se trouve le métal précieux ; le lavage à la batée n'en montre point ; à l'examen microscopique, on aperçoit sur l'oxyde de fer une mince pellicule d'or. Pendant le broyage qui se fait au moyen de cylindres, il se produit une grande quantité de matières très fines qui empêchent toute filtration, aussi est-on obligé de broyer grossièrement, et comme conséquence, de prolonger le contact avec le dissolvant ; de plus, le rendement est relativement faible.

Broyage à sec. — Le minerai est versé sur une grille inclinée dont les barreaux sont écartés de 2,5 centimètres. Le gros va dans un concasseur qui le réduit à cette même dimension. Les menus ayant traversé la grille et les gros concassés, passent dans une première paire de cylindres cannelés écartés de 1,25 centimètre. Le pro-

(1) *Engineering and Mining journal* ; 5 novembre 1892.

duit tombe sur une grille à barreaux distants de 6,2 millimètres ; les refus vont à une seconde paire de cylindres qui les réduit à cette dernière grosseur. Une analyse par grosseurs donne les résultats suivants :

Refus du tamis N° 4.....	21	pour 100
— — N° 12.....	40	—
— — N° 30.....	13	—
Passant au tamis N° 30.....	26	—
Total.....	100	—

25 p. % de la dernière catégorie sont en poudre impalpable.

Le minerai est transporté par wagonnets sur une série de cuves circulaires en tôle, de 3^m,80 de diamètre et d'un mètre de profondeur. Le fond en bois est calfaté avec de l'étoupe sur laquelle on verse un mélange de suif et de résine. Sur ce fond, sont placés des liteaux de 2,5 centimètres de côté distants de 0^m,375, qui supportent un faux-fond en planches percées d'un trou de 1,8 centimètre par pouce carré — 6,25 centimètres carrés, — puis, par dessus, se trouve une forte toile à voiles ou une épaisse couverture faisant filtre. Les liquides peuvent s'écouler par un robinet situé près du fond. La capacité d'une cuve est de 13 tonnes de minerai.

Cyanuration. — Le minerai ayant été chargé et nivelé de manière à ce que sa surface soit à 0^m,15 du bord et le robinet étant fermé, on fait arriver une solution contenant 0,25 p. % de cyanure de potassium, jusqu'à ce qu'elle recouvre le minerai sur une épaisseur de 7,5 centimètres. On remarque que la solution agit d'abord lentement, puis beaucoup plus rapidement lorsque l'attaque a commencé. La charge est laissée en repos jusqu'à ce que du zinc brillant recouvre de solu-

tion se ternisse, indiquant ainsi que la dissolution de l'or s'effectue. Le robinet est alors ouvert et, à mesure que la liqueur s'écoule, on fait arriver par le haut une quantité correspondante de solution. Cette opération continue jusqu'à ce que l'essai par le zinc n'indique plus la présence de l'or ; elle dure de 24 à 240 heures, suivant la nature du minerai ; la moyenne est de 60 heures. Des essais ont montré qu'avec un traitement de 10 jours, l'extraction théorique était de 87 p. %, tandis qu'avec une durée de 6 jours, le rendement n'était que de 63 p. %.

Les solutions aurifères de toutes les cuves se rendent dans un réservoir où elles se clarifient, puis elles sont pompées dans une cuve pour aller ensuite dans 2 bacs de précipitation.

Lorsqu'une cuve de cyanuration a été drainée, les résidus contiennent encore 180 litres de solution à 0,25 p. % de cyanure de potassium par tonne de minerai. Afin de ne pas perdre cette quantité de réactif, la solution est déplacée par le même volume d'eau. Quelquefois on fait un second lavage, et le liquide est recueilli dans une cuve spéciale pour servir au début d'une opération. Les résidus sont pelletés et transportés aux déblais.

Précipitation, etc. — Les 2 bacs de précipitation ont 12 mètres de long ; l'un est en bois et l'autre en tôle. Le premier a une largeur intérieure de 0^m,30 et le second 0^m,375. Les solutions sortant des extracteurs et ne contenant plus d'or, retournent à la cuve normale où elles sont remises au titre voulu.

La récolte du précipité se fait comme d'habitude et dure 12 heures. Les boues débarrassées des grenailles de zinc, sont séchées, ensachées et expédiées à une usine à Omaha. Elles renferment : 4,4 p. % d'or ; 39,1

de zinc, 36,7 de carbonate de chaux, 3,5 de cyanogène, 2,6 de soufre et de 6 résidus.

Rendement. — Les minerais de Mercure renferment en moyenne pour fr. 70,4 d'or ; le rendement accusé par les affineurs des boues zincifères serait de 73 p. % du métal contenu dans les minerais.

Frais de cyanuration. — Les frais de cyanuration par tonne de minerai étaient, au début :

Main-d'œuvre (6 hommes de jour et 1 de nuit) ..	6'42
Cyanure de potassium ; 634 grammes.....	3 78
Zinc.....	0 29
Fournitures, réparations, combustible, transport.	3 27
Total	13 76

Après le doublement de l'usine, ce chiffre est descendu à fr. 10,55. Actuellement, on traite 300 tonnes par jour, et comme le prix du cyanure de potassium, qui était jadis de fr. 5,94 le kilo, n'est plus que de fr. 3,70, les dépenses ne doivent pas dépasser 7 francs la tonne.

Avant d'employer la cyanuration, les minerais de Mercure étaient amalgamés en pans ; le rendement n'était que de 27,95 p. %, et les frais de traitement s'élevaient à fr. 24,35 par tonne.

Croyden (1), Australie. — On traite d'anciens résidus. Les conditions de la cyanuration et le prix de revient total du traitement, sont indiqués par les chiffres suivants :

Nombre de jours de travail.....	469
Nombre de tonnes traitées	33.910
— — — par jour ...	72 3

(1) *South African Mining journal* ; 10 octobre 1896.

Les résidus passés sur un tamis N° 40, donnent :

Refus du tamis N° 40.....	9,8	pour 100
Passant par le tamis N° 40.....	90,2	—
Quantité d'acide contenue dans les résidus pour 100.....	0,24	
Quantité d'eau nécessaire pour enlever l'acide ; litres par tonne.....	783	
Vitesse de filtration par heure ; centimètres..	2	3
Titre de la solution cyanurée ; pour 100.....	0	2
Teneur des résidus avant traitement ; par tonne, grammes.....	Or 11 03	Argent 52 03
Teneur des stériles par tonne, grammes.....	» 2 54	» 28 04
Rendement théorique, pour %.	» 76 95	» 46 18
— réel, pour %.....	» 68 37	» 46 99
Titre des lingots, millièmes.	» 124 3	

FRAS DE CYANURATION PAR TONNE DE RÉSIDUS

Frais spéciaux :

Chargement et déchargement.....	2' 280	} 7' 950
Main-d'œuvre.....	0 769	
Cyanure de potassium 484 grammes, à fr. 5,83 le kilog.....	2 817	
Zinc 130 grammes.....	0 227	
Soude caustique 400 grammes.....	0 180	
Combustible.....	0 370	
Eau.....	0 336	
Fournitures diverses.....	0 407	} 4' 908
Laboratoire.....	0 564	

Frais généraux :

Direction.....	0 544	} 4' 908
Divers.....	2 257	
Redevances.....	2 107	
Prix de revient total de traitement par tonne.....		12' 858

Remarques. — Dans le prix de revient total, les frais d'administration, y compris la redevance, entrent pour 38,17 pour 100.

Le chiffre élevé des frais spéciaux tient à ce que :

1° Le prix du cyanure de potassium est près du double de celui du Transvaal et la consommation est plus grande.

2° La main-d'œuvre est chère.

3° L'usine a une faible importance comparée à celles du Sud-Afrique.

La vitesse de filtration est extrêmement lente, parce que les matières sont très fines, comme le montre l'analyse par grosseurs ; le rendement est faible, probablement parce que l'or est à l'état de combinaison ou allié avec des bas métaux, aussi les lingots sont-ils très impurs.

CHAPITRE VII

CHOIX D'UNE MÉTHODE DE TRAITEMENT

Considérations générales. — Le choix d'une méthode de traitement est d'une importance capitale ; il ne peut être déterminé que par une série d'essais dont nous indiquerons les principaux.

Dans un même gisement, il y a généralement lieu de distinguer entre la partie décomposée de la surface et celle plus profonde non modifiée par les agents atmosphériques, chacune d'elles peut nécessiter un procédé métallurgique différent. Dans tous les cas, l'installation d'une usine de traitement ne doit se faire que lorsqu'on aura reconnu une quantité de minerai suffisante pour l'alimenter pendant un certain nombre d'années. Les minerais plus ou moins pyriteux étant les plus abon-

dants et, à peu d'exceptions près, les plus difficiles à traiter, ce sont les seuls dont nous nous occuperons.

Nous avons vu que dans les quartz aurifères, l'or se présente à des états différents que l'on peut classer comme suit (1) :

1° En grains ou en particules plus ou moins ténues non intimement mélangées à la pyrite. Au microscope, le métal précieux, à l'état de grande division, paraît brillant, d'une vive couleur rouge jaunâtre particulière à la lumière réfléchie, et verdâtre par transparence ; il est alors à peu près toujours bien amalgamable.

2° En parcelles très fines intimement mélangées aux pyrites. Sous un fort grossissement, ces particules métalliques paraissent recouvertes de cristaux de sulfures divers qui empêchent le contact de l'or avec le mercure ; une pulvérisation poussée très loin peut quelquefois libérer l'or, mais au prix d'une forte consommation de mercure.

3° L'or peut se présenter comme dans le premier cas, mais recouvert d'un vernis isolant encore imparfaitement étudié, formé assez souvent d'oxyde de fer ou de silice hydratés, ou bien la surface des particules métalliques a été altérée par des émanations sulfureuses ; au microscope, sa couleur paraît brunâtre et son éclat terni. A cet état, le métal précieux n'est pas dissous par le mercure ; pour le rendre amalgamable, on peut le soumettre à un frottement plus ou moins prolongé afin de détacher le vernis ou la pellicule protectrice, ou bien le mettre en contact avec les acides azotique et chromique, le permanganate de potasse, le cyanure de potas-

(1) Nous rappellerons que les minerais auro-argentifères dans lesquels l'argent représente une fraction un peu importante de la valeur totale, ne rentrent pas dans le cadre de ce travail.

sium, le chlorure de chaux acidifié, etc., ou encore calciner le minerai.

4° Dans le cas de certains minerais antimonieux, arsénicaux ou bismuthifères, le mercure perd la propriété de former un amalgame d'or.

5° L'or peut se trouver en combinaison avec le Tellure (1).

Les minerais les plus abondants participent aux deux premières classes ; ceux de la troisième viennent ensuite, et les moins répandus sont ceux de la quatrième.

Etude préliminaire. — L'étude géologique du pays montrera si le gisement est en relation avec des roches trachytiques ; dans ce cas, il est probable qu'une partie plus ou moins grande des parcelles d'or libre auront leur surface altérée par des émanations sulfureuses ; une proportion plus ou moins importante ne sera pas amalgamable.

Supposons que l'on ait fait un échantillonnage aussi soigné que possible de toutes les parties reconnues du gîte, et que le produit soit d'un poids supérieur à 100 kilos.

Une inspection des fragments de minerai indiquera, à première vue, la présence de l'arsenic, de l'antimoine, etc. ; si ces deux minéraux existent en assez grande quantité, il est presque certain que l'amalgamation seule ne donnera pas de bons résultats. Si des veinules ou des nodules de pyrites sont en proportion notable, un triage sera probablement avantageux. De nombreux lavages à la batée de fragments supposés pauvres en or, indiqueront si un triage préliminaire sera nécessaire.

(1) Dans certains minerais superficiels américains, l'or paraît former avec l'argent un chlorure double, ou englobé dans du chlorure d'argent.

Tout ce qui restera de l'échantillonnage sera pulvérisé de manière à pouvoir passer par un tamis n° 40, mais comme le broyage dans un mortier ordinaire produit un frottement des grains les uns contre les autres quelquefois assez grand pour détacher la pellicule isolante dont les particules d'or peuvent être recouvertes (1), il est préférable d'employer un broyeur à mâchoires pour fines, Blake-Marsden, qui agit par écrasement et non par trituration. Après blutage, les refus seront repassés deux ou trois fois, et tout ce qui, finalement, n'aura pas traversé le tamis, sera mis de côté.

De nombreux essais seront faits pour déterminer la teneur moyenne du minerai.

Une quantité aussi grande que possible de matière fine sera lavée à la batée ; tous les concentrés seront réunis ; on y ajoutera les refus du tamis n° 40 et on lavera à nouveau pour séparer les sulfures. Le produit sera examiné au microscope ; on évaluera approximativement les proportions d'or gros et fin, et l'on observera si le métal a bien sa couleur brillante naturelle ; on verra aussi si les pyrites contiennent des tellurures ou des minéraux pouvant entraver l'amalgamation. Enfin, des gouttelettes de mercure seront mises dans la batée en frottant les particules d'or avec le doigt ; l'amalgame sera séparé, le mercure distillé, etc.

Comme complément de cette étude, il sera nécessaire de faire une analyse complète des pyrites et des gangues.

(1) Nous connaissons un exemple dans lequel le broyage du minerai dans un mortier à main en présence du mercure, permettait de retirer, sous forme d'amalgame, 70 à 75 pour 100 de l'or contenu, tandis que dans un moulin construit avec les derniers perfectionnements, le rendement à l'amalgamation ne dépassait pas 20 pour 100 ; les frottements produits par un broyage rapide dans l'auge du bocard, n'étaient pas suffisants pour décaper les particules d'or.

Expériences de traitement. — L'examen préliminaire que nous venons de décrire, quoique indispensable, ne donnera que des indications sommaires qu'il sera nécessaire de contrôler par des expériences en grand se rapprochant autant que possible des conditions d'une marche industrielle ; il y a, pour cela, deux moyens à employer :

1° Expédier un certain nombre de tonnes de minerai pris dans les divers travaux, à des usines organisées pour des essais sur une grande échelle (1).

2° Installer près de la mine un bocard d'essai (2) disposé pour l'amalgamation.

C'est ce dernier moyen qu'on ne saurait trop conseiller, car c'est le seul qui permette de faire des expériences concluantes.

L'amalgamation sera conduite avec les précautions indiquées dans le chapitre II, et en cas de réussite, on déterminera les meilleures conditions de marche, finesse du broyage, inclinaison des plaques, quantité d'eau, etc.

Dans la plupart des cas, il suffira d'installer des couvertures à la suite des plaques amalgamées pour recueillir les pyrites.

Des prises d'échantillons fréquentes seront faites sur

(1) En Europe : à l'usine Humboldt à Kalk, près Cologne, et chez Fried. Krupp, Grusonwerk, Magdeburg-Buckau, Allemagne.

Aux Etats-Unis : Ores testing works, New-York ; à Chicago ; San-Francisco, etc.

(2) Un bocard d'essai comprenant 2 batteries de 3 pilons chacune, pesant 127 kilos, avec charpente en métal et 2 poulies, nécessitant une force de 2 chevaux-vapeur, coûte dans les ateliers Gruson, environ fr. 4.000.

Un bocard de 3 pilons avec charpente en bois, plaque amalgamée, les poulies et la courroie, coûte chez Fraser and Chalmers, fr. 1.900 ; à ce prix il faut ajouter une locomobile de 3 chevaux, soit fr. 1.400.

les résidus s'échappant des couvertures, on les versera sur un large filtre en toile, en ayant soin de ne pas perdre les schlamms fins en suspension dans l'eau. Ces échantillons seront lavés à la batée dans un baquet spécial ; les sulfures recueillis, dont une grande partie sera retenue dans l'usine définitive par des appareils de concentration plus perfectionnés que les couvertures, seront essayés pour savoir si l'on aura avantage à les concentrer ; les résidus du lavage à la batée seront échantillonnés et essayés, et si leur teneur est assez élevée, il y aura lieu de faire des expériences de cyanuration.

Les matières déposées sur les couvertures seront lavées à la batée, de manière à obtenir des schlichs propres ; s'ils sont assez riches et en proportion suffisante, il y aura lieu de prévoir dans l'installation définitive un atelier de concentration et un autre de chloruration, dans le cas où il n'y aurait pas dans le voisinage une usine spéciale pour le traitement des pyrites aurifères.

Il serait de beaucoup préférable d'installer, à la suite du bocard d'essai, une série de petits spitz-kasten afin de classer la pulpe. Chaque catégorie de grosseur serait recueillie dans une caisse et traitée séparément sur une machine à toile sans fin ; les schlamms seuls seraient lavés sur des couvertures.

Pour des minerais renfermant plus de 15 grammes d'or à la tonne, le traitement par amalgamation et concentration doit donner un rendement d'au moins 80 pour 100, sans quoi, les résidus seront assez riches pour que, dans beaucoup de cas, il soit avantageux de les cyanurer. Pour des minerais au-dessous de 15 grammes, un rendement de 75 pour 100 pourra être considéré comme satisfaisant, le plus souvent les résidus seront trop pauvres pour être retraités.

Supposons maintenant que les résultats de l'amalgamation au bocard d'essai soient considérés comme insuffisants et que les particules d'or ne s'amalgament pas parce qu'elles ne sont pas décapées.

L'amalgamation proprement dite, en dehors du broyage, est le procédé d'extraction de l'or le plus économique, parce qu'il n'exige qu'une dépense très faible de mercure et un léger supplément de surveillance. De plus, c'est la seule méthode rapide pour retenir l'or gros qui ne se dissout que très lentement dans l'eau chlorée et dans les solutions cyanurées ; il y aurait donc un grand avantage à rendre aux particules d'or dont les surfaces sont altérées, la faculté de s'amalgamer. Nous avons vu que dans quelques cas, certains réactifs peuvent atteindre ce but. Nous ne savons pas si des tentatives ont été faites dans ce sens, mais il est permis de penser que le chlorure de chaux, le chromate et le permanganate de potasse acidifiés si le minerai est neutre, ou le cyanure de potassium, pourraient donner de bons résultats ; des expériences à ce sujet seraient très intéressantes.

Si les essais d'amalgamation ne donnent pas de résultats satisfaisants et si les minerais sont pauvres, on n'a comme ressource que la concentration, mais pour s'assurer que cette méthode est bien appropriée à la nature du minerai, il sera prudent d'envoyer un certain nombre de tonnes dans des établissements organisés pour des essais sur une grande échelle.

Si les minerais sont riches ou de teneur moyenne, on aura à choisir entre la chloruration, la cyanuration et la fusion. Nous ne parlerons pas de la dernière méthode, parce qu'elle exige des conditions économiques très rares à trouver hors des Etats-Unis ; quant aux deux autres, des essais préliminaires sont nécessaires.

Chloruration. — Afin de se rapprocher le plus possible de la pratique, il y a 2 cas à considérer :

1° Chloruration par le procédé Plattner ;

2° Chloruration par la méthode Thies.

Procédé Plattner. — Nous supposons, ce qui est le cas le plus fréquent, que l'on ait à traiter des pyrites aurifères provenant de la concentration.

L'échantillon moyen est grillé sous le moufle d'un four de coupelle ; 800 grammes de matières sont répartis également dans 8 têts à rôtir de 0^m,10 de diamètre, frottés avec de la sanguine, et tous les grillages sont faits à la même température, avec les mêmes soins et pendant le même temps. L'oxydation doit commencer au rouge sombre en remuant constamment avec une tige en fer aplatie et recourbée à son extrémité, jusqu'à ce que les flammes produites par la combustion du soufre aient disparu. La température est ensuite graduellement élevée en renouvelant souvent les surfaces, et lorsque les vapeurs d'acide sulfurique commencent à se dégager, elle est portée au rouge clair jusqu'à la fin de l'opération qui, dans la plupart des cas, ne dépasse pas une heure pour 100 grammes de pyrites ; le minerai grillé ne doit contenir que des traces de soufre.

Après refroidissement, le contenu d'un têt, correspondant à 100 grammes de schlichs crus, est pesé et essayé pour or, afin de connaître les pertes de poids et de métal pendant le grillage. Le contenu de 2 têts est lavé à la batée et les concentrés sont examinés au microscope dans le but d'évaluer grossièrement la durée probable de la chloruration, qui sera d'autant plus longue que les particules d'or seront plus grosses.

Le contenu des 5 derniers têts, représentant 500 grammes de minerai cru, est chloruré dans l'appareil

(FIG. 6, PL. I, tome XIII, 1^{re} livraison). Le ballon A sert au dégagement du chlore ; le gaz passe dans un flacon laveur B, où il se débarrasse des vapeurs d'acide chlorhydrique qu'il peut contenir, puis il pénètre, par le bas, dans un vase cylindrique en verre C, de 0^m,15 à 0^m,20 de hauteur et de 0^m,10 de diamètre, contenant le minerai à chlorurer. Au fond de ce vase se trouve un filtre fait avec de petits fragments de quartz bien propre ou de verre grossièrement pulvérisé, dont le niveau doit dépasser de 3 à 4 centimètres la partie supérieure de la tubulure. Le cylindre est fermé à sa partie supérieure par une feuille de caoutchouc ou de parchemin bien ficelée autour du rebord, et à laquelle est fixé un tube recourbé plongeant dans un autre vase D, contenant des feuilles de fort papier buvard, ou de la sciure de bois imbibée d'alcool. On peut remplacer le cylindre C par un flacon renversé dont le fond a été enlevé.

Les schlichs grillés sont humectés afin de rendre la masse plus poreuse, et versés par petites quantités dans le vase C, en ayant soin de ne pas les tasser. Le ballon A est chargé avec 30 grammes de peroxyde de manganèse pulvérisé, 120 grammes d'acide chlorhydrique et 30 grammes d'acide sulfurique étendu de 30 grammes d'eau ; après avoir bouché le flacon, on agite légèrement et le dégagement commence. Le chlore lavé traverse le minerai et passe dans le vase D, où il est absorbé : soit par le papier buvard, soit par la sciure de bois imbibée d'alcool, en produisant du chloral. Lorsque le dégagement se ralentit, on chauffe le ballon avec une lampe à esprit de vin. La durée de l'opération varie d'une à deux heures, suivant la grosseur de l'or.

Après 12 à 24 heures de contact, on introduit de l'eau distillée chaude dans le cylindre C, que l'on maintient incliné du côté de la tubulure, afin que la liqueur auri-

fère s'écoule complètement ; le lavage est continué jusqu'à ce que le liquide sortant ne contienne plus d'or.

La solution est acidifiée par quelques gouttes d'acide chlorhydrique, et le métal précieux est précipité par le sulfate de fer ; on laisse en repos pendant une heure, puis on ajoute encore quelques gouttes de réactif pour s'assurer qu'il n'y a plus d'or en dissolution. Le tout est alors filtré et lavé, le filtre séché et incinéré. Les cendres sont ensuite fondues avec du plomb granulé pur, et le culot coupellé ; les résidus de l'opération sont séchés et essayés comme contrôle.

Si les résultats de la chloruration sont satisfaisants, c'est-à-dire si le rendement a été de 90 p. % de la teneur accusée par l'essai, on procèdera à des expériences de grillage, en faisant varier leur durée ainsi que la température, ce qui donnera des indications très utiles pour le traitement en grand.

Dans le cas où la consommation de chlore paraîtrait élevée, elle serait due à un mauvais grillage ou à la présence de chaux ou de magnésie. Dans ce dernier cas, il sera nécessaire de faire de nouvelles expériences en grillant avec 3 p. % de sel marin, afin de déterminer le moment le plus propice pour l'addition de ce sel. Ces derniers essais sont d'une grande importance, car il arrive souvent que la présence prolongée de certains chlorures occasionne des pertes importantes en or par volatilisation ; des essais de laboratoire faits avant et après le grillage, permettront de s'en rendre compte.

Procédé Thies. — Supposons que l'on ait à étudier un minerai brut.

L'échantillon moyen sera broyé de manière à passer par un tamis n° 20 — mailles de 0,88 millimètre — et le minerai sera classé en 5 grosseurs, en le passant aux tamis n° 40, 50 et 60. Sur chacune d'elles on pren-

dra 5 échantillons de 200 grammes, que l'on grillera sous le moufle, comme il a été dit précédemment. Les 5 prises d'essais de chaque série de grosseurs, seront mises dans autant de bouteilles en verre fort, étiquetées, d'un volume égal à 3 fois environ celui du minerai. On versera assez d'eau pour mouiller complètement les matières et les recouvrir d'un centimètre de liquide, puis on ajoutera 7 grammes de chlorure de chaux s'il est frais, ou 9 grammes dans le cas contraire, et 10 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré. Les bouteilles seront rapidement fermées avec un bouchon en caoutchouc solidement assujéti et entourées d'un linge, afin d'éviter tout accident que pourrait occasionner une rupture produite par la pression du chlore.

Toutes les bouteilles, placées dans un endroit obscur, seront fréquemment et également secouées. Au bout de deux heures de contact, le contenu d'une bouteille sera versé sur un filtre attaché à un aspirateur et lessivé aussi rapidement que possible. Une heure après, la seconde bouteille sera traitée de même et ainsi de suite jusqu'à la dernière, pour laquelle le contact avec le chlore aura été de 6 heures, ce qui, dans la plupart des cas, sera suffisant, sinon, chaque série de grosseur devra comprendre un plus grand nombre d'échantillons. Les résidus de chaque opération seront essayés ; on connaîtra alors la grosseur et la durée de contact qui donnent les meilleurs résultats.

Si l'on a à sa disposition un petit reverbère et un petit tonneau d'une capacité d'environ 20 litres, permettant de chlorurer 10 kil. de minerai à la fois, le grillage sera moins ennuyeux et plus égal ; le nombre d'essais sera bien diminué et les résultats plus concluants. Cent kilos au moins de minerai seront broyés et passés au tamis n° 20, puis grillés en une seule fois.

Un échantillon sera essayé au laboratoire et 5 lots de 10 kilos chacun seront chlorurés séparément dans le tonneau pendant 2, 3, 4, 5, 6 heures. Après chaque opération, les matières seront déchargées dans un vase en terre, le tonneau bien lavé et rechargé. Par des décantations et des lavages successifs, les résidus seront débarrassés du chlorure d'or. Ils seront ensuite séchés, pesés et passés aux tamis n° 30, 40, 50, 60, puis la teneur de chaque grosseur sera déterminée ; la plus faible indiquera la dimension à laquelle le minerai doit être broyé et l'on connaîtra approximativement le rendement à espérer, la durée de la chloruration et, par conséquent, le nombre de tonneaux qui sera nécessaire pour le traitement en grand. La grosseur la plus avantageuse étant connue, on fera des expériences de grillage, de durée et de température variables. Quant à la quantité de réactifs à employer, on n'aura que des renseignements de peu de valeur, parce que la consommation est relativement moindre pour une forte que pour une petite charge ; ce ne sera que pendant le travail courant de l'usine, que l'on pourra faire des expériences dans ce but.

Si les minerais contiennent des corps attaquables par le chlore, il sera nécessaire de faire de nouveaux essais de grillage avec du sel marin, afin de fixer exactement le moment le plus propice pour son addition, et d'éviter autant que possible les pertes en or par volatilisation.

Cyanuration. — Nous avons vu, page 816, tome XII, 4^e livraison, comment doivent être conduits les essais préliminaires de cyanuration ; nous n'y reviendrons pas. Disons seulement qu'il sera nécessaire de faire les mêmes séries d'expériences que pour la chloruration et dans le même but ; elles se feront sur le minerai cru ou grillé. Pour plus de sûreté, on pourra s'adresser à la

Cassel's Gold [Extraction Company à Glasgow, qui exploite le procédé Mac-Arthur Forest, ou à la Société Siemens Electrolysis à Berlin, propriétaire du brevet Siemens et Halske, pour faire des expériences de traitement sur une certaine échelle.

Le choix d'une méthode de traitement, sera grandement influencé par les conditions locales, comme la proximité d'usines traitant des matières aurifères ; la cherté plus ou moins grande des transports, du combustible et des réactifs ; la qualité et le prix de la main-d'œuvre ; la quantité de minerai à traiter journellement, etc., etc. Le procédé métallurgique qui permettra d'obtenir le rendement le plus élevé, ne sera pas toujours le meilleur au point de vue industriel, mais celui qui donnera le plus de bénéfices ; c'est une question que l'on ne doit jamais perdre de vue.

CHAPITRE VIII

ECHANTILLONNAGE ET ESSAIS

Dans une usine bien conduite, il est indispensable de faire de nombreux essais de laboratoire afin de contrôler la marche des opérations. Nous ne parlerons pas en détail de la conduite des essais que l'on trouvera dans les traités d'analyse chimique ; nous ne donnerons à ce sujet que des indications sommaires, mais nous nous étendrons un peu longuement sur l'échantillonnage ; nous prendrons pour exemple un moulin traitant par amalgamation.

Humidité des minerais. — Les minerais sortant de la mine la plus sèche, contiennent toujours une certaine quantité d'eau de carrière ; ils sont souvent plus ou moins mouillés par des infiltrations. Comme les essais de laboratoire se font sur des matières sèches, les résul-

tats indiqueraient une teneur plus élevée que la réalité, si l'on ne faisait pas de temps à autre des prises d'échantillons, afin de déterminer la quantité d'humidité contenue dans la roche.

Pesage. — Il est nécessaire de connaître aussi exactement que possible le poids de minerai livré au moulin. Généralement, on compte le nombre de wagonnets reçus dont on contrôle le poids une ou deux fois par semaine, et par la même occasion, on fait pendant quelques heures un échantillonnage moyen du minerai à la sortie du concasseur, qui servira à déterminer l'humidité. Le produit de l'échantillonnage est porté au laboratoire où il est pesé et grossièrement séché, puis mis dans une caisse en tôle que l'on place dans une étuve ou dans un four de cuisine, où on le laisse pendant une nuit. Le lendemain matin, l'échantillon est pesé, et la différence de poids donnera le coefficient par lequel il faudra multiplier le poids des wagonnets, pour avoir celui du minerai sec livré à l'usine.

La quantité d'humidité contenue dans les quartz aurifères, varie dans de larges limites ; elle est rarement au-dessous de 3 p. %, mais elle peut atteindre 10 à 15 p. % dans le cas de minerais boueux ; la moyenne est probablement 5 à 6 p. %.

Echantillonnage du minerai. — L'échantillonnage du minerai se fait à la sortie du concasseur ou des distributeurs alimentant les pilons (1) ; nous préférons cette dernière manière, car elle permet de connaître journellement — si cela est nécessaire — la marche du mou-

(1) Il est très utile, au début de la mise en marche d'un moulin, de consacrer une batterie avec une trémie spéciale, à des expériences qui serviront à déterminer les meilleures conditions du travail.

lin, tandis que l'autre ne donne qu'une moyenne de plusieurs jours. La prise d'échantillons se fait à des intervalles réguliers : toutes les deux heures par exemple, en plaçant sous le distributeur une boîte de la contenance d'environ un kilo, que l'on retire aussitôt pleine. A la fin de la semaine, les échantillons représentant environ 80 kil. s'ils n'ont été prélevés que sur une batterie, sont transportés dans la salle du laboratoire contenant les broyeurs et les machines à échantillonner.

La pulvérisation peut se faire au moyen d'un broyeur à mâchoires Blake-Marsden (1) mû à bras ou mécaniquement ; il permet d'obtenir un produit traversant un tamis n° 50 — mailles de 0,33 millimètre, — mais pour un broyage préliminaire, il suffit d'avoir des grains dont la dimension maxima est d'un millimètre, correspondant au tamis n° 16.

Le produit obtenu est échantillonné dans l'un des deux appareils suivants :

Le premier, représenté Fig. 7, PL. I, tome XIII, 1^{re} livraison, est simple et peu coûteux. Il consiste en une boîte allongée en métal, dont le fond est formé de quatre pyramides renversées débouchant dans autant de flacons. Le minerai broyé est versé dans un large

(1) R. Marsden et C^{ie} à Leeds, Angleterre. Les chiffres suivants donnent les renseignements les plus utiles sur deux appareils des plus petits numéros.

	N° 1	N° 2
Longueur des mâchoires et écartement.....	0 ^m 02 X 0 ^m 127	0 ^m 048 X 0 ^m 15
Production par heure, avec un tamis N° 16..... kilos	50	200
Force nécessaire.... hommes	1	2
Poids de la machine..... kilos	51	500
Prix maximum..... francs	625	1700

entonnoir à couvercle tenu à la main, et dont l'orifice de sortie est bouché avec le doigt. Le tout est secoué pendant quelques secondes et on laisse écouler le contenu de l'entonnoir en le promenant le long de la caisse de droite à gauche et réciproquement, jusqu'à ce qu'il soit vidé. Si le minerai est broyé très finement, ou s'il est peu dense, l'écoulement est facilité, en frappant légèrement l'entonnoir avec l'autre main. On répète l'opération aussi longtemps qu'il reste du sable à échantillonner, et l'on verse dans une boîte spéciale un des flacons, chaque fois qu'ils ont été remplis. Le quart du produit recueilli est de nouveau divisé et l'on continue ainsi jusqu'à ce que l'on ait obtenu un échantillon final d'un kilo environ.

De la galène et les fondants nécessaires à un essai pour plomb, pulvérisés et passés dans cet appareil, ont été divisés en 3 lots de même poids. A la fusion, on a obtenu 3 culots de plomb pesant 53,436 ; 53,416 ; 53,398 grammes, ce qui montre la grande efficacité de cette manière d'opérer.

Quand le poids du minerai à échantillonner est un peu grand, il est préférable de faire usage d'un broyeur Marsden n° 2 mû mécaniquement, et la prise d'essai peut être faite plus rapidement avec l'appareil breveté Brigdman (1) représenté FIG. 8 et 9, PL. I, tome XIII, 1^{re} livraison. Il se compose d'un plateau tournant D, portant 8 caisses sans fond A, B, dont la moitié A, décharge dans un grand entonnoir 1 terminé par un cylindre O₁ et l'autre moitié dans un récipient 2, dont le fond a une ouverture d'évacuation O₂. Une trémie F, est percée dans le bas d'un orifice de 2 à 3 centimètres de diamètre, que l'on peut fermer au moyen d'un bouchon fixé à l'extrémité d'une tige en fer.

(1) Fraser and Chalmers, constructeurs.

Les matières broyées étant chargées dans la trémie, le plateau D est mis en mouvement par l'intermédiaire de la manivelle E et le bouchon est soulevé. Le minerai tombe en un courant régulier alternativement dans les caisses A et B. A chaque révolution, 8 divisions égales sont produites et le minerai est séparé en deux portions : l'une se rend dans le récipient 2, l'autre tombe dans un vase placé au-dessous de O₁. Cette dernière est ensuite repassée, et l'on répète l'opération autant de fois qu'il est nécessaire pour obtenir en dernier lieu un échantillon moyen d'un kilo environ. Si les caisses déversant dans l'entonnoir 1 n'occupaient que le tiers ou le quart de la circonférence du plateau D, la durée de l'opération serait diminuée dans la même proportion, mais l'échantillonnage serait moins bon.

Dans le cas où le minerai contiendrait de l'or gros, l'échantillon serait pesé et passé sur un tamis n° 40. Les refus, broyés dans un mortier, seraient tamisés et rebroyés jusqu'à ce qu'il ne se produise plus de matières fines. Après pesage des derniers refus, ceux-ci seront étalés sur un papier glacé, et avec un aimant on enlèvera les grains de fer qu'ils peuvent contenir, puis ils seront scorifiés avec du plomb et des fondants ; le culot sera coupellé, etc. ; on connaîtra ainsi la quantité d'or gros que renferme le minerai.

Les matières qui ont traversé le tamis n° 40, sont porphyrisées de manière à passer par un tamis n° 100 à 120, mais cette opération, très longue, peut se faire assez rapidement au moyen de l'appareil (Fig. 10, PL. I, tome XIII, 1^{re} livraison), construit par Fraser and Chalmers. C'est un mortier en fonte dont le fond est mobile et fixé à un axe vertical ; une vis de rappel, manœuvrant un levier passant sous le pivot de l'axe,

permet d'obtenir un produit plus ou moins fin, qui se rassemble dans une caisse fermée en métal.

Dans le cas où le minerai ne contiendrait que de l'or fin, on passerait directement au porphyrisateur l'échantillon fourni par l'un ou l'autre des appareils diviseurs précédemment décrits, après avoir enlevé avec un aimant les grains de fer qu'il contient presque toujours.

Echantillonnage des matières broyées et des résidus.

— L'échantillonnage de la pulpe en un point quelconque de son parcours, mais surtout à la sortie du moulin avant d'être rejetée, permet de contrôler la marche des divers appareils et la teneur des résidus ; elle se fait à la main ou au moyen de machines automatiques.

A des intervalles réguliers, toutes les heures ou toutes les 2 heures par exemple, on place au-dessous du courant, un vase qu'on laisse remplir sans laisser déverser le liquide, car très souvent les matières fines qu'il entraîne sont plus riches que les autres. Le contenu du vase est versé dans un récipient assez grand pour recevoir l'échantillonnage de 24 heures. Le lendemain, les nouveaux échantillons sont mis dans un second vase ; quand l'eau du premier est claire, elle est décantée et le résidu est porté au laboratoire où il est séché. Les échantillons de pulpe peuvent aussi être jetés alternativement sur 2 filtres en forte toile, clouée sur un cadre supporté par 4 montants en bois.

Un échantillonneur automatique très employé, est celui de Mac Dermott, construit par Fraser and Chalmers et représenté FIG. 11, PL. I, tome XIII, 1^{re} livraison. Le canal B par lequel passe la pulpe est divisé en deux parties situées à environ 0^m,50 au-dessus l'une de l'autre. Dans cet espace peut pénétrer une caisse métallique inclinée très étroite C, fixée à un levier A, à l'extrémité

duquel se trouve un ressort F. Une roue horizontale portant une aiguille G, reçoit un mouvement très lent d'une vis sans fin E. Quand l'aiguille pousse le levier A, la caisse U passe sous le canal B, et reçoit une petite fraction de la pulpe qui s'écoule dans une grande caisse H. Aussitôt que l'aiguille a dépassé le levier, celui-ci est ramené dans sa première position par le ressort F.

Le nombre des prises d'échantillons peut augmenter à volonté, en plaçant sur la roue plusieurs aiguilles.

La poulie de l'appareil est commandée par une petite courroie, simplement posée sur l'arbre de transmission le plus voisin.

Après une marche de 24 heures, la caisse H est remplacée par une autre ; la première est laissée en repos et, quand l'eau est claire, celle-ci est siphonnée et les résidus sont portés au laboratoire où ils sont séchés. A la fin de la semaine ou plus souvent, tous les échantillons de même provenance sont passés dans un des diviseurs décrits, de manière à obtenir une prise d'essai d'environ un kilo. Les grains de fer sont retirés et le reste est porphyrisé comme il a été dit plus haut.

L'échantillonnage des schlichs se fait aussi avec les mêmes appareils.

C'est sur chacun des lots d'un kilo environ, que l'on prélève la prise d'essai finale.

Essais. — Les balances d'essais doivent être aussi précises que possible et être sensibles au demi-dixième de milligramme. Ce poids correspond à 0,5 gramme d'or par tonne de minerai si l'on opère sur 100 grammes de matière. Cette approximation est suffisante pour les minerais bruts, mais elle ne l'est pas pour les résidus qui, quelquefois, renferment moins d'un gramme d'or par 1.000 kilos ; il faut donc, dans ce cas, faire un essai sur 200 grammes, et pour éviter l'emploi de trop grands

creusets, on peut faire deux fusions dont on réunit les culots. En général, pour des minerais d'une teneur d'environ 15 grammes d'or à la tonne, on ne doit pas opérer sur un poids inférieur à 100 grammes ; pour les schlichs, qui sont ordinairement plus riches, 50 grammes sont suffisants.

Les fondants à ajouter au minerai doivent être en grand excès et les scories doivent être basiques, sans quoi une partie de l'or serait scorifiée ; il faut aussi qu'il ne se forme pas de matte. Dans le cas où les minerais renferment plus de 3 p. % de soufre, il est nécessaire d'ajouter du nitre, dont la proportion est déterminée par un essai préliminaire qui ne doit donner qu'un petit culot de plomb.

Un bon mélange de fondants est formé d'une partie de borax fondu pulvérisé, une partie de carbonate de soude sec en poudre et 2 parties de litharge pour une de minerai ; on réserve la moitié du borax pour recouvrir le mélange dans le creuset. Celui-ci doit être rempli aux trois quarts seulement, et pour 100 grammes de minerai, des dimensions convenables sont : hauteur 0^m,172, diamètre 0^m,10, d'une capacité de 560 centimètres cubes, correspondant au n° 13, marque de Paris.

Quand les matières sont bien fondues, on introduit en deux fois, 60 grammes de litharge intimement mélangée avec 2 grammes de charbon de bois pulvérisé. Avant chaque addition on laisse refroidir le creuset de façon à diminuer la fluidité de la scorie afin que le plomb ne la traverse pas trop rapidement. On donne un coup de feu pour terminer et l'on verse le contenu du creuset dans un petit moule conique en fer. Un creuset peut servir 2 ou 3 fois, mais il faut avoir soin de le réserver pour l'essai de la même catégorie de matières.

Le culot de plomb est grossièrement séparé des scories. On le place ensuite dans un verre à pied et l'on ajoute de l'acide chlorhydrique faiblement étendu d'eau, jusqu'à ce que sa surface soit recouverte. L'acide attaque la scorie et, après quelque temps, le culot est essuyé. Le culot obtenu pèsera 40 à 50 grammes.

Les schlichs pyriteux doivent être soigneusement grillés dans un têt à rôtir que l'on place sous le moufle d'un four à coupelles. L'opération est conduite au début à une faible température et se termine à celle du rouge cerise clair. Le minerai grillé est pesé afin de constater la perte en poids due au grillage, puis il est fondu avec le mélange indiqué précédemment ; quelquefois on ajoute un peu de verre pilé, pour scorifier plus facilement l'oxyde de fer.

Chaque fusion donne un culot de plomb de 40 à 50 grammes, ce qui correspond à 80 ou 100 grammes de plomb pour un essai sur 200 grammes de résidus. La coupellation d'une aussi grande quantité de métal exigerait des coupelles de dimensions exagérées, aussi est-il préférable de mettre le ou les culots dans un têt à scorifier, avec 2 à 5 grammes de borax, que l'on place sous le moufle ; on le retire quand le culot est réduit à 25 ou 30 grammes. La scorification a l'avantage d'enlever au plomb les impuretés qu'il peut contenir : arsenic, antimoine, cuivre, etc., ce qui rend la coupellation plus facile.

La coupellation est conduite comme dans les essais pour argent, mais à une température plus élevée, car il n'y a pas à craindre que l'or se volatilise.

Si l'argent contenu dans le minerai et dans la litharge n'est pas en quantité suffisante pour que dans le bouton sa proportion dépasse deux fois et demie celle de l'or, on peut ajouter dans le creuset le poids d'argent nécessaire, ou faire l'inquartation après la coupella-

tion. Quand on traite toujours le même minerai, les premiers essais indiquent si une addition d'argent est nécessaire, ainsi que la quantité de métal à employer.

Quant au départ, il se fait comme d'habitude.

Le laboratoire doit être aussi rapproché que possible du moulin, parce que le chimiste est souvent chargé de la surveillance d'une partie des opérations métallurgiques, mais sa distance doit être assez grande pour que les vibrations du sol produites par les pilons, n'aient aucune action sur les balances. Le laboratoire doit comprendre :

- 1° Une salle pour l'échantillonnage et le séchage ;
 - 2° Une autre salle contenant la retorte, les fours à griller le sulfure d'or ou les boues zincifères, suivant le cas, ainsi que les fours à essais et de fusion ;
 - 3° Une pièce réservée aux analyses et aux recherches ;
 - 4° Enfin un bureau dans lequel sont les balances.
-

TABLE DES MATIÈRES

Introduction, page 529. Considérations générales (530).

(Tome XII, 3^e livraison).

CHAPITRE I^{er}

OPÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

	Pages
§ 1. — <i>Triage</i>	533
§ 2. — <i>Concassage et broyage</i>	536
Description d'un atelier de concassage et de broyage.	536
A. Concassage.....	537
Concasseurs du type Blake (537) ; avantages et inconvénients (540).	
Concasseurs des types Comet et Gates (541) ; avantages et inconvénients (546).	
Remarques sur le concassage (547).	
B. Broyage à l'eau. Bocard.....	548
Fondations (549), charpente (551), mortiers, etc. (553), dés (555). Tamis, tôles perforées (556), toiles métalliques (560), cadres des tamis (562).	
Pilons, flèche (564), mentonnet, tête, sabot (564), métal des sabots et des dés, consommation, durée (569) ; guides (572) ; montage des pilons (573).	
Arbre à cames. — Arbre, came (574), cames Bally, Hart et Blanton (576) ; doigts (578), poulies (580).	
Distributeurs, etc. — Distributeurs automatiques (581). Distributeurs Tulloch et Henry Challenge (581). Chariot roulant (583).	
Moteurs, transmissions, etc. Moteur (583), graissage (585), alimentation d'eau (585) ; olarification de l'eau (586) ; coût d'un bocard (589).	
Conditions de marche des pilons.	589

Dureté du minéral (591), finesse du broyage (591), poids des pilons (592), ordre et hauteur de chute (592), vitesse (594), hauteur de décharge (594), force (595), capacité de broyage et coût (596).	
Pilons à vapeur et à air comprimé.....	597
Moulin Huntington.....	597
C. Broyage à sec.....	598
Bocard. Description d'un atelier de broyage à sec (600).	
Cylindres broyeurs.—Élévateurs (604). Trommels (605). Cylindres Krom (606). Installation de broyage à sec par cylindres Krom (607).	
Comparaison entre le bocardage à l'eau et le broyage à sec par cylindres Krom (608).	

CHAPITRE II

AMALGAMATION. CONCENTRATION, etc.

§ 1. — Amalgamation.

A. Mercure.....	610
B. Amalgamation.....	612
Plaques intérieures (612); plaques extérieures (614), préparation des plaques (614), amalgame d'argent (616), marche et condition de l'amalgamation (618), amalgame de sodium (621), plaques extérieures (622), pente des plaques, etc. (624), consommation d'eau (625), entretien des plaques (625), plaques argentées (626).	
Récolte de l'amalgame.....	628
Puits à mercure (630). Trappe à mercure (632).	
Détermination de la finesse du broyage.....	634
Influence de quelques corps sur l'amalgamation..	637
Antimoine sulfuré, arsenic et pyrite arsénicale (637), bismuth sulfuré, chaux carbonatée, cuivre et pyrite de cuivre, fer, pyrite, etc., corps gras (637), plomb, galène, savon, silice, silicate, soufre (638), tellurures, zinc et blende (641), eau (641), température de l'eau (644).	
Récolte générale de l'amalgame.....	646

Berceau (648), pan (649), tonneau (651), nettoyage de l'amalgame (652), distillation du mercure (654), écumes (657), perte en mercure (658).

Fusion.

Lingotières (660), perte à la fusion et finesse des lingots (662).

Déchets de l'amalgamation..... 663

Perte en or..... 665

§ 2. — *Concentration*..... 665

Couvertures..... 666

Concentration mécanique..... 670

Spitz-Kasten (671). Spitz-Lutten (674). Appareils de concentration, Frue-Vanners (676), marche de l'appareil (680), consommation d'eau, production, force (684). Tables Linkenbach (685).

Tables dormantes à toiles (687), marche de l'opération (689).

§ 3. — *Renseignements économiques sur le traitement par amalgamation et concentration*..... 691

Personnel (691). Remarques (693). Frais spéciaux de traitement (693), perte au traitement (697).

Emplacement d'un moulin et disposition générale (699), consommation d'eau (701), force nécessaire (703). Devis d'un moulin de 20 pilons (703).

§ 4. — *Traitement des schlichs aurifères*.... 706

Traitement au pan (707), perte en mercure, rendement, prix de revient (708).

CHAPITRE III

CHLORURATION..... 727

(Tome XII, 4^e livraison,.)

Exposé de la méthode (728).

§ 1. — *Grillage*..... 728

A. Fours à reverbère..... 729

Cheminée (731), prix d'un four (732), outils et combustible (732), marche du grillage (734).	
Influence des gangues sur le grillage.....	734
Frais spéciaux (736), perte en or au grillage (737).	
B. Fours mécaniques.....	737
1° Fours rotatifs à décharge intermittente.....	738
Four Brückner (738), marche de l'opération (739), prix, frais spéciaux (740).	
2° Fours à décharge continue.....	741
Four White (741), frais spéciaux (743).	
Four Pearce (743), frais spéciaux (745), refroidissement et prix d'un four (748).	
Four Brown (748), personnel, production, prix (750), frais spéciaux (751).	
Comparaison entre les divers fours de grillage...	752
Refroidissement (754).	
§ 2. — <i>Méthode Plattner</i>	754
Cuves de chloruration (755), filtre (755). Générateur à chlore (757). Conduite de la chloruration (759). Lixiviation (761). Clarification et précipitation. Bacs de dépôt et de précipitation (762). Réactifs pour la précipitation de l'or: sulfate de fer (763), charbon (765), protosulfure de cuivre (765), acide sulfhydrique (765).	
Durée de la chloruration (765). Frais spéciaux (766). Perte en or (769).	
Extraction de l'argent et du cuivre.....	769
Prix de revient (771). Rendement en argent (772).	
Disposition d'un atelier de chloruration (772); coût d'un atelier de chloruration (773).	
§ 3. — <i>Méthode Thies</i> .	
Historique (773). Tonneau de chloruration (775), filtre extérieur et filtre intérieur (778), filtre Rothwell (782).	
Chloruration des schlichs aurifères.....	784
Frais spéciaux (786).	
Chloruration des minerais non concentrés.....	787

Précipitation et réduction des sels solubles au minimum par l'acide sulfureux (790). Générateur à acide sulfhydrique (792). Réservoir à compression (794). Filtre-presse (795). Grillage du précipité (796). Fusion (798), raffinage (799), scories (799). Frais spéciaux (799). Frais totaux de traitement par la méthode Thies (800). Rendement en or (802).

Disposition d'un atelier de chloruration (804).

Remarques (805).

Bromuration (806).

CHAPITRE IV

CYANURATION..... 806

§ 1. — Réactions chimiques..... 807

Perte de cyanure de potassium à l'air (808), perte due à l'acidité et aux sels métalliques (809), perte produite par divers métaux (811), perte dans la précipitation (812). Essais préliminaires (814). Titrage des solutions (816). Dosage du zinc et de l'or (818).

§ 2. — Cyanuration au Transvaal..... 819

Exposé de la méthode (821).

1° Séparation des schlamms..... 823

A. Dans des cuves spéciales (823). Distributeurs Butters et Mein (826), avantages (830).

B. Par Spitz-Lutten (831).

Cuves de cyanuration en bois (832), en maçonnerie (834).

2° Dissolution de l'or.... 837

Procédé Mac-Arthur Forest (837). Lavage alcalin (837), solution forte (838), solution faible et lavage à l'eau (840).

Traitement des vieux tailings..... 842

Traitement des pyrites et des concentrés..... 843

Procédé Siemens et Halske..... 844

Exemples de marche et de durée des opérations.

Vieux tailings (Mac-Arthur Forest) (845); minerais ordinaires (Mac-Arthur Forest) (846), idem et emploi des Spitz-Lutten (Mac-Arthur Forest) (848), idem (Siemens et Halske) (848), idem avec distributeur Butters et Mein (Siemens et Halske) (850).

Traitement des schlamms..... 852

Crown-Reef (854). Robinson (859).

3° Précipitation de l'or..... 862

Procédé Mac-Arthur Forest. Extracteurs (862).

Procédé Siemens et Halske (866). Avantages de l'électrolyse (868). Electrolyseurs (869).

Récolte du précipité : par le zinc (871), par l'électrolyse (872).

4° Traitement du précipité..... 873

Boues zincifères : fonte directe et affinage (873) grillage et fusion (874), dissolution du zinc et fusion (876).

Plomb aurifère (878).

Déchets de la cyanuration (880).

5° Frais spéciaux, etc..... 883

Avantages du procédé Mac-Arthur Forest (887).

Avantages du procédé Siemens et Halske (887).

Frais de traitement des concentrés (888). Frais de traitement des schlamms (888).

Frais spéciaux totaux de cyanuration (890). Rendement (890). Consommation d'eau (891).

Disposition d'une usine de cyanuration (892).

3. — Broyage à sec et traitement direct des minerais. 895

Remarques sur la cyanuration au Transvaal (898).

§ 4. — Cyanuration aux Etats-Unis..... 899

Cuves (903), bacs de précipitation (905), boues auro-zincifères (908), consommation de cyanure de potassium (908). Rendement en or (908). Frais spéciaux de cyanuration (908). Frais spé-

ciaux totaux de traitement (909). Remarques sur la cyanuration aux Etats-Unis (909).

§ 5. — <i>Comparaison entre la chloruration et la cyanuration</i>	910
---	-----

CHAPITRE V

FUSION	913
--------------	-----

CHAPITRE VI

EXEMPLES DE TRAITEMENT	5
------------------------------	---

(Tome XIII, 1^{re} livraison).

§ 1. — <i>Minerais dont l'or est facilement amalgamable.</i>	5
--	---

A. Californie. Etats-Unis.

a District de Grass-Valley. Gisements (5). Conditions de marche des moulins (7).

Moulin North-Star (9). Rendement et frais spéciaux de traitement (13).

Moulin Empire (14). Rendement (16).

Moulin W. Y. O. D (17). Rendement (18).

Remarques sur les moulins de Grass-Valley (18). Rendement (20).

b District d'Amador. Gisements (21). Conditions de marche des moulins (21).

Moulin Gover (23). Rendement (28). Frais spéciaux de traitement (28).

Remarques sur les moulins d'Amador (29). Rendement (31).

Chloruration des schlichs à Plymouth Consolidated (31). Prix de revient total d'exploitation et de traitement (35).

B. Alaska. Etats-Unis	37
-----------------------------	----

Moulin d'Alaska-Treadwell. Gisement, exploitation, moulin (37).

Teneur des résidus (40). Frais spéciaux de broyage et d'amalgamation (41).

- Chloruration (42), frais spéciaux, rendement (43 et 44). Résultats économiques (44).**
- C. District des Black-Hills. Dakota. Etats-Unis. 4**
Gisement et minerais (46). Mode de traitement (47). Conditions de marche des moulins (47). Disposition des usines (49). Moteurs, concassage, etc. (49). Rendement en or (59). Pilon à vapeur (60). Personnel (60). Frais spéciaux de traitement (62). Remarques (62).
- D. District de Gilpin. Colorado. Etats-Unis. 6**
Gisements et minerais (63). Conditions de marche des moulins (66). Moulin Hidden-Treasure (70) Rendement (74). Prix de revient (74). Remarques sur la méthode de traitement (75).
- § 2. — Minerais demi-réfractaires. 7.**
- A. District de Witwatersrand. Transvaal. 71**
Minerais (75). Méthode de traitement (76).
Amalgamation. Conditions de marche de quelques moulins (77). Concassage, moteurs, etc. (80). Rendement en or (88). Nombre de jours de travail, personnel et salaires (88 et 89). Frais spéciaux de broyage et d'amalgamation (89). Données sur quelques moulins d'amalgamation (90). Chloruration (94).
Moulin Robinson (92). Rendement, frais spéciaux de broyage et d'amalgamation (95).
Cyanuration (97).
Renseignements économiques. Frais spéciaux (97). Prix de revient total d'exploitation et de traitement (99).
Remarques sur le traitement des quartz aurifères au Transvaal (101).
- B. Mine de Passagem. Brésil (Minerais bismuthifères) 102**
Minerai, méthode de traitement (102). Production de la mine, broyage, concentration (103). Frais de broyage et de concentration (105).
Amalgamation (106). Amalgame, purification du mercure et du bismuth aurifère (108). Frais

spéciaux d'amalgamation, mercure consommé, rendement (110). Essais d'amalgamation plus complète (110).

Grillage (111), aire de refroidissement (113).

Chloruration : tonneau (113 et 114), filtration, barillets de précipitation et précipitation par le protosulfure de cuivre (114, 115 et 116). Affinage (118). Frais spéciaux de grillage et de chloruration (119). Rendement à la chloruration. Production, pertes en or (120 et 121).

Prix de revient total d'exploitation et de traitement (122).

Bromuration (122).

Remarques sur la méthode de Passagem (122).

§ 3. — *Minerais réfractaires*..... 123

- A. Mines Phoenix et Haile, South et North Carolina. Etats-Unis..... 124
Minerais, grillage, chloruration (124 et 125). Précipitation. Frais spéciaux, rendement (127).
- B. Mount-Morgan. Australie..... 127
Dépenses d'exploitation et de traitement (129).
- C. District des Black-Hills (Dakota). Etats-Unis.... 130
Minerais. Essais de traitement (130 et 131).
Usine Golden-Reward (132). Prix de revient (133).
Rendement (134).
Usine Deadwood and Delaware (134).
- D. District de Boulder (Colorado) Etats-Unis..... 136
Minerais (136).
Usine Delano. Broyage (137). Grillage (138). Chloruration, précipitation (139). Rendement (140).
- E. District de Cripple-Creek. Colorado. Etats-Unis.. 140
Minerais, production (140 et 141).
- F. Exemples de cyanuration..... 142
Usine Mercur (Utah) Minerais. Broyage à sec (142).
Cyanuration, précipitation, rendement (143, 144 et 145).
Usine Croyden, Australie (145). Remarques (147).

CHAPITRE VII

CHOIX D'UNE MÉTHODE DE TRAITEMENT..... 147

Considérations générales (147). Etude préliminaire (149). Expériences de traitement (151). Amalgamation (153). Chloruration (154) : procédé Plattner (154), procédé Thies (156). Cyanuration (158).

CHAPITRE VIII

ECHANTILLONNAGE ET ESSAIS..... 159

Humidité des minerais (159). Pesage (160). Echantillonnage du minerai (160). Echantillonnage des matières broyées et des résidus (161). Essais (165).

NOUVELLES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

DES

MINES DE BLANZY

Par M. GOICHOT, ingénieur.

Par suite du développement rapide des applications mécaniques aux travaux du fond, les installations d'air comprimé faites à la Compagnie des Mines de Blanz y dans la période de 1874 à 1892, bien qu'atteignant 2.500 chevaux, se sont très vite trouvées insuffisantes. La question s'est alors posée de savoir s'il valait mieux augmenter l'importance des installations d'air comprimé par l'adjonction de nouveaux groupes producteurs, ou s'il n'y aurait pas lieu de recourir à un autre agent pouvant présenter des qualités différentes et un meilleur rendement.

Différentes installations utilisant l'électricité comme agent de transmission de la puissance motrice fonctionnaient d'une façon régulière, surtout en Angleterre et aux Etats-Unis, et à la suite d'un voyage dans ces deux pays exécuté par ses ingénieurs, la Compagnie des Mines de Blanz y décidait, à la fin de 1894, l'installation d'une station électrique pour fournir la puissance motrice sur toute l'étendue de sa concession, concurrentement avec l'air comprimé.

Quelques applications de l'électricité comme puissance motrice avaient été antérieurement réalisées à Montceau par M. L. Graillot en particulier, en 1881 : un ventilateur

au puits Saint-Claude et une pompe au puits Saint-Louis. A une période plus rapprochée, nous avons monté des appareils branchés sur les anciennes installations d'éclairage par courants continus, comme une pompe centrifuge avec moteur de 10 chevaux près de la Poudrière centrale, et un grand pont roulant de trente mètres de portée et dix tonnes de puissance desservant le chantier de bois et utilisé aussi à la manipulation des marchandises lourdes et encombrantes arrivant par wagons.

Par suite de différentes circonstances et en particulier à cause des retards anormaux apportés par plusieurs constructeurs à la fourniture de leur matériel, ce n'est qu'au mois de janvier 1898 que les installations que nous allons décrire ont pu entrer en service régulier.

DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

La station centrale électrique occupe la moitié nord-est du bâtiment prévu pour l'installation de six groupes de compresseurs d'air de cinq cents chevaux chacun et dont deux seulement sont en place. Elle comprend actuellement un groupe de 700 chevaux et deux de 300. (Voir PL. II.)

La vapeur est fournie par six chaudières aquatubulaires construites dans les ateliers du Creusot : on va en ajouter quatre nouvelles. Ces chaudières timbrées à 14 kilogrammes sont en réalité des Mac-Nicoll sans bouilleurs, de longueur très réduite : elles sont installées par groupes de deux que l'on arrête ou met en marche en même temps. Leur surface de chauffe est de 215 mètres carrés, leur surface de grille dépasse cinq mètres. Elles comportent 108 tubes de 93^m/_m de diamètre intérieur et 5.400 mètres de longueur. La boîte arrière et le corps supérieur communiquent avec un

collecteur de boue dans lequel nous plaçons aussi l'arrivée d'eau d'alimentation, l'arrivée sur l'avant ayant révélé divers inconvénients. La grille est du système Meldrum, à barreaux espacés d'environ deux millimètres et soufflée avec de l'air entraîné par un jet de vapeur. Il y a quatre souffleurs par grille. L'air entraîné est pris dans la galerie de soufflage des crasses, les souffleurs jouant le rôle de ventilateurs aspirants pour débarrasser l'atmosphère des cendres folles mises en liberté quand on vide les trémies.

Un alimenteur est chargé du soin de l'alimentation, de la surveillance des manomètres et du réglage des registres. L'alimentation des chaudières peut se faire au moyen d'une pompe à action directe ou d'injecteurs Giffard.

On brûle dans les foyers des chaudières des combustibles de qualité tout à fait inférieure, en majeure partie des schistes provenant de lavoirs et contenant parfois plus de cinquante pour cent de cendres. La quantité de vapeur produite par chaudière relativement à leur dimension est donc faible, mais suffisante pour la consommation actuelle.

Actuellement la vapeur est amenée des chaudières aux machines à vapeur par une seule conduite en fonte de 160 millimètres de diamètre intérieur. Nous montons en outre deux conduites de 350 millimètres de diamètre intérieur formant boucle, de façon à ce que chaque machine puisse être alimentée à volonté par l'une ou l'autre conduite au moyen d'un jeu de valves.

Les conduites sont munies de gros purgeurs en fonte et chaque machine possède un séparateur de vapeur et d'eau. Les moteurs à vapeur sont tous du type Willans : ceux de 300 chevaux ont été construits en Angleterre, celui de 700 chevaux au Havre. Les premiers font 350 tours par minute en charge, l'autre 300 tours.

Chaque moteur comprend trois lignes de cylindres placées côte à côte ; chaque ligne forme une machine à simple effet, à triple expansion, avec transfert et chambre à air amortissant le mouvement de montée des pistons. Les trois manivelles sont distribuées à 120 degrés l'une de l'autre sur l'arbre moteur, ce qui assure un couple bien régulier et l'équilibre des pièces en mouvement.

Nous n'entrerons pas dans une description complète de ces machines, description que l'on trouvera dans la plupart des organes techniques.

La consommation de vapeur garantie est respectivement pour les deux types de machine de 6,700 et 6 kilogrammes par cheval indiqué et par heure. La vitesse angulaire élevée permet l'accouplement direct avec les machines électriques. Cet accouplement est réalisé par un manchon genre Raffard dans lequel les bagues de caoutchouc sont remplacées par des bagues de cuir. L'isolement de l'alternateur relativement à la machine à vapeur est ainsi assuré et l'on n'a pas à redouter les effets d'extension du caoutchouc qui dans certains cas peuvent gêner les manœuvres de couplage en parallèle des alternateurs.

Les moteurs à vapeur marchent à condensation : le vide est obtenu au moyen de pompes à air commandées par une machine à vapeur horizontale spéciale, qui assurera aussi l'alimentation des chaudières quand la nouvelle installation sera terminée.

La vitesse des machines à vapeur est maintenue constante à 4 p. % près pour une variation de 0 à pleine charge. Nous avons pu nous assurer *de visu* de la constance de cette vitesse : le circuit d'excitation de l'un des alternateurs s'étant rompu par accident, la machine faisant environ 280 chevaux, la vitesse a passé

de 350 à 365 tours et s'est maintenue à ce chiffre. Chaque machine est munie d'un tachymètre Buss.

Les alternateurs sont du type Thury à fer tournant avec les deux enroulements fixes. Ils se composent d'une pièce circulaire en acier coulé formant culasse d'inducteur et dont la section par un plan passant par l'axe représente deux U placés sur champ de part et d'autre de l'axe. Au fond de l'espace annulaire formé par les jambes de l'U, est placé l'enroulement inducteur unique qui, pour faciliter le refroidissement, et au point de vue de l'économie, est formé de ruban de cuivre électrolytique nu enroulé avec de la tresse, le tout étant ensuite noyé dans la gomme-laque et séché à l'étuve. Cet enroulement forme plusieurs bobines parallèles entre lesquelles on ménage un certain vide pour assurer à la fois l'isolement et la libre circulation de l'air.

A l'extrémité de la jambe de l'U formant le plus petit diamètre, est disposé un anneau formé de tôles de 5/10 de millimètre d'épaisseur, isolées au papier, fortement serrées par des boulons de ferro-nickel, vernies et séchées au four. C'est sur ces tôles que repose l'enroulement induit. L'emploi d'un métal très doux tel que la tôle recuite permet de réduire sensiblement les pertes par hystérésis dues aux courants alternatifs, circulant dans les conducteurs induits, courants produisant dans leur voisinage des changements de polarité deux fois plus rapides qu'il n'y a de périodes. L'effet sur la réduction des courants de Foucault est aussi excellent.

L'enroulement induit est disposé en trois séries de bobines formant un enroulement imbriqué. Ces bobines sont six fois plus nombreuses que les pôles inducteurs. Elles sont disposées à plat sur les tôles et solidement maintenues en place par des bandages en fil de ferro-

nickel. Du reste comme elles sont immobiles, elles n'ont plus à résister qu'à l'effort tangentiel produit par le champ inducteur sur les conducteurs parcourus par le courant induit, au lieu d'avoir à résister, comme dans les machines ordinaires, non seulement à cet effort, mais encore à celui de la force centrifuge.

Les conducteurs induits sont constitués par la réunion sous un même guipage de fils de cuivre d'un ou deux dixièmes de millimètre de diamètre, vernis et tordus ensemble de façon à constituer un petit câble. On diminue ainsi les courants parasites et le « skin effect ».

Dans ce type d'alternateur comme dans tous ceux dont les pôles ne sont pas alternés, on obtient une période complète en passant d'une dent à l'autre.

La partie mobile destinée à produire les variations de flux magnétique donnant naissance à la force électromotrice alternative dans les conducteurs induits, est formée d'une couronne dentée en acier coulé qui vient se placer dans les jambes de l'U, les dents faisant face à l'enroulement induit. Cette couronne d'une seule pièce, parfaitement équilibrée, permet de ne laisser que des entrefers très réduits et aussi de tourner à de grandes vitesses périphériques.

Le fonctionnement de l'alternateur est comme suit : le courant continu produit par des machines montées sur le prolongement de l'arbre de l'alternateur, parcourt l'enroulement inducteur et détermine sur tout le pourtour de la culasse un pôle nord et un pôle sud invariables comme position. Dans toutes les parties de la couronne où se trouve une dent, le flux magnétique fait son chemin par cette dent et quelques lignes de force seulement passent par les intervalles. Nous avons donc un champ puissant sous les dents et faible dans les intervalles. Les surfaces étant lisses, la longueur

d'entrefer est absolument invariable pendant une révolution, et le nombre de lignes de force passant tant par les dents que par les intervalles est absolument constant, sauf bien entendu les variations du courant d'excitation. Dans cette machine, les conducteurs sont immobiles et ce sont les lignes de force qui les coupent, mais du moment qu'il y a déplacement relatif, il y a production de force électromotrice.

Chacun des deux petits alternateurs produit environ 200 kilowatts sous 5.000 volts composés, leur fréquence est de 48 périodes complètes par seconde. Les cinq prises de courant, trois pour les courants continus et deux pour l'excitation, se trouvent à la partie inférieure de la machine : elles sont protégées par des boîtes en bois.

L'alternateur de 460 kilowatts établi sur le même principe que les autres, en diffère un peu comme construction. Il y a deux couronnes formant comme deux alternateurs séparés et placées à droite et à gauche de l'enroulement inducteur unique : il y a deux séries de dents correspondantes et les enroulements induits sont logés dans des rainures, ce qui a obligé à feuilleter l'extrémité des dents. Dans cette machine, les enroulements sont plus accessibles et les effets magnétiques mieux équilibrés.

Le plus grand soin a été apporté à l'isolement des machines du sol, leur bâti est supporté uniquement par des isolateurs de porcelaine de forme spéciale, retournés et scellés dans le massif ; tout autour règne un plancher en bois monté lui-même sur isolateurs.

Les alternateurs absorbent à pleine charge moins de un pour cent de leur puissance pour l'excitation, et leur rendement industriel atteint 92 %.

Les câbles amenant le courant des alternateurs au tableau passent sur le sol au-dessous du plancher

isolant; ils sont enfilés dans des roulettes de porcelaine.

Le plancher du tableau de distribution est à un mètre au-dessus du plancher de la salle des machines. La base contient les résistances pour l'excitation de l'excitatrice et le courant d'excitation.

L'ancien tableau encore en service actuellement comprend trois panneaux en marbre blanc montés sur une carcasse en bois. Le panneau de droite et le panneau de gauche desservent chacun l'un des petits alternateurs, le panneau du milieu est commun. Le panneau de chaque alternateur comprend, pour l'alternateur : trois interrupteurs Mordey pour 5.000 volts établissant la communication avec les barres de distribution, trois coupe-circuits Mordey, chacun de ces appareils isolé du voisin par des joues en ébonite. Un ampère-mètre et un volt-mètre électrostatique indiquent la marche de la machine. Une paire d'interrupteurs Mordey donnent la communication avec les barres de couplage en parallèle. Il y a en plus pour l'excitatrice un volt-mètre et un ampère-mètre, un interrupteur bipolaire avec coupe-circuits et deux rhéostats placés horizontalement sur la tablette, l'un agissant sur l'excitation de l'excitatrice, l'autre sur le courant d'excitation. Les résistances sont formées de fils de ferro-nickel.

Sur le panneau central se trouvent deux transformateurs, l'un pour la mise en phase et l'autre pour les appareils enregistreurs qui comprennent un ampère-mètre, un volt-mètre thermique et un watt-mètre placés aussi sur la tablette horizontale.

Au départ du tableau, les conducteurs passent par des parafoudres, genre Siemens, à cornes écartées de 5^m/_m, et par des coupe-circuits formant interrupteurs d'un emploi très commode. Chacun de ces appareils comporte une barrette mobile munie d'une longue tige

isolante et de deux couteaux venant s'engager entre deux paires de mâchoires fixes montées sur porcelaine. Le courant passe d'un couteau et d'une mâchoire à l'autre par l'intermédiaire d'un fil fusible. Grâce à la disposition horizontale de ce fil, et bien qu'il n'y ait entre les mâchoires qu'un écartement relativement faible, nous n'avons pas d'exemple qu'un arc se soit maintenu à ces coupe-circuits. Au moyen de la tige isolante, on peut les mettre en place ou les sortir à n'importe quel moment, et le remplacement d'un fusible brûlé ne demande que quelques secondes lorsque l'on a des barrettes préparées à l'avance.

Le nouveau tableau diffère complètement de l'ancien. Il comprend une partie avant et une partie arrière entre lesquelles se trouve l'homme de service : sur la partie avant, les départs des différentes lignes avec interrupteurs permettant de les brancher sur l'une ou l'autre des deux séries de barres de distribution ; sur la partie arrière, les interrupteurs, coupe-circuits et instruments de mesure et de réglage propres à chaque alternateur et à part les appareils de couplage en parallèle avec bobine à réaction compensatrice à enroulements sectionnés.

Actuellement il y a deux lignes à haute tension partant de la station centrale ; la nouvelle disposition en prévoit quatre : l'une desservant le tissage, la seconde les puits du Nord, la troisième les autres puits et la quatrième les compresseurs et le port.

Les lignes parcourues par le courant à 5.000 volts sont toutes aériennes et en fil nu, sauf à la traversée des routes où le fil est recouvert de l'isolement réglementaire. Le diamètre des fils nus varie de 3 à 5 millimètres et ne descend nulle part en dessous du premier chiffre. Les trois conducteurs de chaque ligne sont disposés aux sommets d'un triangle isocèle de $350^m/m$ de côté,

l'un des isolateurs occupant le sommet du poteau et les deux autres les extrémités d'une traverse en bois paraffiné. Ces isolateurs sont en porcelaine, à triple cloche avec rebord rentrant à la cloche extérieure.

Les poteaux sont en tôle d'acier emboutie, d'une seule pièce, avec trois frettes sur la longueur, dans tous les endroits où existe du terrain rapporté. Ils sont enterrés d'environ un mètre quarante dans un massif de béton. Quand les lignes traversent le terrain naturel, on alterne deux poteaux en bois avec un poteau en fer, les poteaux en bois sont aussi fixés dans un béton. La hauteur moyenne des poteaux est de huit mètres cinquante au-dessus du sol.

A la traversée de certaines routes ou passages, les fils sont protégés contre toute chute à terre par un treillage métallique placé au-dessous d'eux et des cerceaux partant de ce treillage et venant envelopper les conducteurs. Des parafoudres semblables à ceux de la station centrale sont disposés de distance en distance sur les poteaux et protégés contre les intempéries par une boîte métallique.

Les entrées dans les bâtiments se font à travers des tubes de porcelaine émaillée intérieurement. Il est prudent de les garantir par un auvent de la chute directe de la pluie.

A chaque centre secondaire de distribution se trouvent un ou plusieurs transformateurs réducteurs auxquels le courant parvient après avoir passé par des parafoudres et une série de coupe-circuits interrupteurs.

Pour l'éclairage et les petits moteurs du jour, le courant est ramené de 5000 à 125 volts ; pour les travaux du fond, le rapport est de 5000 à 700 volts.

L'éclairage se fait par lampes à incandescence, par lampes à arc ordinaires et par lampes à arc semi-incandescent. Les lampes à arc ordinaires sont montées

par séries de trois et prennent huit ampères : elles marchent huit heures avec une paire de charbons. Les lampes à arc semi-incandescent qui sont de deux types et prennent les unes six ampères et demi et les autres cinq ampères, sont montées isolément. Elles marchent soixante-dix heures avec une paire de charbons pour 5 ampères et trente-six à quarante heures pour 6.5 ampères.

Autant que possible toutes les lampes sont réparties uniformément sur les trois phases.

La puissance des transformateurs pour l'éclairage varie de 3 à 30 kilowatts, ceux pour la force motrice vont jusqu'à 100 kilowatts. Ils sont à peu près uniquement du type Labour construit par la Société « L'Eclairage Electrique » de Paris ; ils sont renfermés dans des boîtes de tôle munies d'ailettes rayonnantes pour dissiper la chaleur, et entièrement plongés dans un bain de paraffine qui, étant liquide à la température de marche, remplit tous les interstices et assure un isolement parfait. Les boîtes métalliques des transformateurs sont reliées à la terre pour éviter les accidents de personne.

Les conducteurs se rendant dans les puits sont généralement en fil nu jusque sur la charpente. A ce point, ils sont raccordés avec le câble descendant le long du tube pour atteindre les travaux souterrains. Le câble isolé renferme les trois conducteurs disposés parallèlement. Les conducteurs sont formés d'un toron de fils de cuivre étamé et isolés chacun par une couche de gomme naturelle, deux couches de caoutchouc vulcanisé et deux rubans caoutchoutés ; puis les trois conducteurs sont réunis ensemble avec des cordelettes tannées, un guipage en filin tanné, deux rubans feuillard, le tout recouvert de filin goudronné et d'un enduit spécial hydrofuge. En quelques points

spécialement humides, le câble est enfermé dans une gaine de plomb.

Le câble est généralement placé dans le puits de retour d'air où la formation de la glace est moins à craindre en hiver. Il est fixé tous les trente à quarante mètres contre la paroi par des mâchoires en bois. Arrivé dans les travaux souterrains, le câble se divise en plusieurs embranchements desservant les différents moteurs employés. Tous les raccords ou branchements sont faits dans des boîtes de fonte hermétiquement fermées. Un transformateur ramenant la tension du courant de 700 à 125 volts assure l'éclairage des recettes et galeries principales de roulage. Comme appareils utilisant l'électricité comme agent moteur au fond, nous avons actuellement un treuil pour trainage par chaîne, trois treuils pour trainage par corde-tête et corde-queue, un ventilateur et deux pompes, une troisième est en montage. (PL. IV et V.)

Ces appareils sont de puissance variant de 15 à 65 chevaux. Ils utilisent presque uniquement des moteurs asynchrones munis de bagues et de frotteurs pour réduire l'afflux de courant au démarrage et diminuer au besoin la vitesse. Le courant à 700 volts est reçu dans la partie fixe et y parcourt des enroulements formant un plus ou moins grand nombre de pôles suivant la puissance du moteur. L'enroulement induit forme un bobinage en tambour sur lequel la force électromotrice induite ne dépasse pas 100 volts composés. C'est donc à cette tension que l'on est exposé quand on touche les balais du moteur. Les deux séries d'enroulement sont noyées dans les tôles, ce qui permet d'avoir l'entrefer très faible compatible avec un bon rendement. Dans les moteurs qui ont à faire des démarrages particulièrement durs, on augmente l'entrefer, facilitant ainsi la marche avec un

fort glissement qui s'associe avec la production d'un couple moteur élevé.

En principe, le fonctionnement et le couple de démarrage des moteurs triphasés asynchrones sont très sensiblement comparables à ceux d'un moteur à courant continu excité en dérivation. A la mise en marche il y a passage de courant tout à fait anormal dans l'enroulement induit, puisque le glissement atteint alors 100 p. %, tandis que le glissement correspondant au courant normal n'atteint généralement pas 10 p. % et se tient généralement à 5 p. %. Il dépend naturellement du rapport de la puissance normale du moteur au couple qu'on en exige.

C'est dans le but de limiter le courant au démarrage que les extrémités de l'enroulement induit aboutissent à des bagues sur lesquelles frottent des balais métalliques que l'on peut relier à des résistances réglables de dimensions appropriées ayant un point commun, comme l'enroulement induit lui-même. Ce n'est que pour les moteurs de petite puissance ne dépassant pas cinq à six chevaux que l'on peut employer sans trop d'inconvénient des induits en court circuit, et encore maintenant semble-t-il y avoir tendance à renoncer complètement aux induits en court circuit.

Les moteurs puissants susceptibles d'une marche de longue durée sans arrêts, sont parfois munis d'une mise en court circuit de l'induit que l'on peut embrayer ou débrayer à volonté. Une fois le moteur mis en route comme d'ordinaire, on embraye la mise en court circuit et on peut alors relever les balais. Ce système est adapté à l'un de nos moteurs commandant une pompe et construit par les ateliers d'Oerlikon.

La vitesse angulaire des moteurs varie suivant leur puissance de 480 à 960 tours par minute en charge.

Les appareils nécessités par un moteur sont : un

interrupteur et un coupe-circuit tripolaires, un ampère-mètre et la résistance réglable de mise en marche. Pour les treuils de traînage par corde-tête et corde-queue, il y a en outre un appareil de changement de marche.

On commence par fermer l'interrupteur tripolaire, ce qui envoie le courant dans la partie fixe du moteur et l'on n'a plus ensuite qu'à manœuvrer lentement la manette de la résistance de mise en marche pour que le moteur parte doucement.

Pour les puits grisouteux, bien que les moteurs soient placés sur les entrées d'air, nous avons fait établir un interrupteur circulaire complètement hermétique qui donne de bons résultats. Les coupe-circuits sont aussi placés dans une boîte en fonte munie de presse-étoupes. L'appareil de mise en marche avec ses résistances est introduit dans une boîte de tôle étanche, laquelle est remplie d'huile de résine jusqu'au dessus des contacts. Les frotteurs et les bagues du moteur se trouvant dans une cage avec fenêtre en cristal épais, cette cage faisant corps avec le palier, et les deux enroulements, inducteur et induit, étant abrités par la carcasse de fonte sur les faces de laquelle sont rapportées des joues en tôle, on voit que toutes les parties du moteur ou des appareils dans lesquelles des étincelles seraient susceptibles de se produire sont mises hors de communication avec l'air environnant.

L'isolement des moteurs relativement aux outils qu'ils commandent étant pratiquement impossible, il faut toujours exiger un isolement parfait dans le moteur lui-même et le choisir de telle construction qu'il n'y ait pas de places où puisse s'accumuler de l'eau ou de l'huile qui, à la longue, finissent par détruire les meilleurs isollements.

Nous allons maintenant décrire avec quelques détails quelques-unes des installations.

CHAÎNE SANS FIN DE SAINT-FRANÇOIS

La longueur simple du trainage desservi par cette chaîne à l'étage 400 est de 500 mètres. La chaîne a une longueur de 1050 mètres. Le moteur qui la commande est d'une puissance de 65 chevaux à 580 tours par minute. Il est hermétiquement fermé. Il marche sur 700 volts composés et démarre avec interposition de résistances métalliques. Il commande par un seul engrenage réducteur en acier coulé et dents droites taillées, l'arbre portant la noix qui provoque l'entraînement de la chaîne. Le treuil est muni d'un frein pour pouvoir arrêter rapidement la chaîne en cas d'accident.

La vitesse imprimée à la chaîne est de $835^m/m$ par seconde en marche normale. Les démarrages sont très doux. Il existe sur la voie aux abords de l'accrochage deux rampes de $22^m/m$ par mètre ayant respectivement trente et cinquante mètres : le reste du trainage est sensiblement en palier. La charge sur la chaîne se répartit comme suit :

71 chariots de charbon à 900 kilos.....	63.900 ^k
21 chariots de remblais à 1.350 kilos.....	27.300
50 chariots vides à 325 kilos.....	16.250

Soit 107.450 kilos. La distance moyenne des chariots est d'environ 7 mètres. Au poids des chariots, nous avons à ajouter le poids de la chaîne qui est uniformément réparti sur les chariots. La chaîne dont les dimensions sont $88 \times 57 \times 16$ pèse 5,45 kilos le mètre courant, soit en tout 5722.5 kilos.

La charge totale sur le trainage est donc de 113172,5 kilos, soit en gros 113 tonnes.

Quel est l'effort nécessaire pour mettre cette masse en mouvement et ensuite l'effort nécessaire pour maintenir uniforme le mouvement de la masse démarrée et mise en vitesse de régime ?

D'après des expériences un peu grossières, il est vrai, faites à l'aide d'un peson, l'effort nécessaire au démarrage pour nos chariots de mine varierait de 50 à 60 kilos par tonne : soit en prenant le chiffre le plus bas pour notre cas 5.650 kilos, sans tenir compte des résistances sur la chaîne et en prenant une voie en état ordinaire d'entretien.

Pour le coefficient de traction, la donnée la plus exacte qui puisse en fixer la valeur est que les chariots bien entretenus et bien graissés, abandonnés à eux-mêmes, maintiennent une vitesse constante sans l'accélérer ni la retarder sur les pentes de 18^{m/m} par mètre. Nous sommes donc fondés à admettre 18 kilos par tonne pour la valeur du coefficient de traction.

L'effort pour maintenir à la vitesse de régime la charge de 113 tonnes sur la chaîne est donc de $113 \times 18 = 2034$ kilos. La vitesse étant de 835^{m/m} par seconde, la puissance requise est de 1698,4 kilogrammètres par seconde. Nous avons à ajouter à cette puissance celle qui est nécessaire pour faire monter à un certain nombre de chariots les rampes de 22^{m/m} par mètre. D'après la proportion indiquée plus haut, il y a 11 chariots en rampe dont 7 vides et 4 remblais, soit un poids de 7675 kilos demandant pour vaincre l'action de la pesanteur un effort de 169 kilos et une puissance de 141 kilogrammètres par seconde.

Nous pouvons, en outre, admettre que les frottements de la chaîne sur deux séries de poulies de renvoi à angle

droit et la poulie du bout du trainage absorbent 100 kilogrammètres par seconde.

La puissance totale requise est ainsi de 1934,9 kilogrammètres sur l'arbre de la noix et avec un rendement de 95 p. % pour le simple train d'engrenages de 2041 kilogrammètres par seconde sur l'arbre du moteur, soit 27,73 chevaux.

D'après des expériences faites sur un moteur de même construction, mais de puissance un peu moindre, 45 chevaux au lieu de 65, à demi-charge, le rendement serait de 85 p. % et le décalage donnerait $\cos \varphi = 0,76$. La moyenne des indications de l'ampèremètre étant de 25 ampères sous 700 volts composés, on voit qu'en tenant compte des données ci-dessus de rendement et de décalage, le moteur développerait en moyenne 26,5 chevaux.

Ce chiffre, légèrement inférieur à celui trouvé plus haut, prouve que pour le moteur considéré, le décalage à demi-charge est moindre que 0,76 et le rendement probablement supérieur à 85 p. %.

Quel que soit le chiffre admis, entre 27,7 et 65 chevaux puissance de moteur adopté, l'écart peut paraître considérable et inexplicable. Nous allons pourtant en tenter la justification.

L'effort au démarrage étant de 5.650 kgs, si l'on veut démarrer rapidement et sans à-coups, il faut posséder dans le moteur une marge considérable de puissance. En fait, nous arrivons à démarrer avec une douceur extraordinaire qui depuis la mise en place du treuil électrique a rendu les déraillements presque inconnus sur le trainage.

La puissance moyenne nécessaire est de 27,7 chevaux, mais souvent par défaut de graissage des chariots ou par la présence sur les rails de charbon tombé des chariots, l'effort augmente dans de notables proportions,

notre moteur puissant nous permet de ne pas tenir compte de ces divers effets et le débit de la chaîne n'en est aucunement modifié.

Le moteur étant enfermé, sa ventilation se fait d'une manière très imparfaite, et si nous avons pris un moteur tel qu'il ait dû travailler constamment à pleine charge, la température des enroulements aurait pu s'élever d'une manière dangereuse alors que le moteur travaillant à demi-charge seulement reste tiède.

Nous devons dire que c'est surtout la question des démarrages qui nous a guidé dans le choix de la puissance. Actuellement le nombre des démarrages est d'environ dix à l'heure, il était de quinze environ au moment où le moteur a été installé. La chaîne avec l'espacement de sept mètres, pouvant débiter sans arrêt, à raison de 7,5 heures de marche par poste, 3.240 chariots sur un brin, tandis que la production des quartiers desservis n'est que de 1.100, on voit qu'il suffirait d'une marche continue de 2,5 heures pour tout écouler. Les convois arrivant à intervalles sensiblement réguliers tout le temps du poste et se composant de 10 à 12 chariots, sont débités en moyenne en moins de 100 secondes, c'est-à-dire en un temps bien inférieur à celui qui sépare l'arrivée de deux convois consécutifs. Les douze chariots étant engagés dans la chaîne, on arrête donc jusqu'à ce qu'il y ait de nouveaux chariots à introduire. On pourrait évidemment espacer les chariots de plus de sept mètres, mais il est admis que l'espacement doit être tel pour que la chaîne ne porte jamais sur le sol, ce qui en occasionnerait l'usure rapide et augmenterait dans d'énormes proportions l'effort à vaincre. Dans ces conditions, la limite admise est dix mètres entre chariots.

POMPE DU PUIT MAGNY, ÉTAGE 257.

C'est une pompe à quatre pistons plongeurs montés deux par deux en tandem. La vitesse de rotation est sensiblement de 100 tours par minute, les plongeurs ont 105 millimètres de diamètre et leur course atteint 220 millimètres. La pression indiquée au manomètre de la pompe pour le refoulement au jour est de 26,5 kgs, la hauteur verticale de refoulement est de 250 mètres, celle d'aspiration, 2 mètres. La conduite de refoulement est en tuyaux de fer de 93 millimètres de diamètre intérieur.

La pompe est commandée avec un seul engrenage réducteur par un moteur Oerlikon de 65 chevaux effectifs exactement semblable à celui du trainage Saint-François, sauf qu'il n'est pas enfermé, les lampes à feu nu étant admises au Magny. (Pl. V.)

Nous avons fait quelques essais de rendement sur cette pompe. Ces essais n'ont pu être faits d'une manière très suivie, en raison d'une série d'accidents arrivés à la transmission par engrenages.

Des jaugeages très soigneusement exécutés au jour nous ont indiqué un débit de 11,5 litres par seconde, les appareils de mesure placés au moteur et vérifiés à plusieurs reprises ont indiqué en moyenne 700 volts composés et 50 ampères (45 à 55). A cette charge le rendement du moteur atteint 90 p. % et le décalage 0,85. Ceci nous donne 60.550 watts apparents et 51.450 watts réels, soit 62,91 chevaux sur l'arbre. La puissance représentée par l'eau élevée par seconde est de $11,5 \times 252 : 75 = 38,64$ chevaux. La perte dans les tuyaux est représentée d'après les indications du manomètre de la pompe par $11,5 \times 13 : 75$, soit sensiblement deux chevaux. Le rendement effectif de l'ensemble, soit énergie

représentée par eau élevée par seconde sur énergie fournie aux bornes du moteur, atteint donc 61,4 p. %.

Le rendement depuis la puissance indiquée de la machine à vapeur de la station centrale est plus difficile à établir, attendu qu'il est continuellement variable suivant la charge des machines et des lignes. On peut toutefois admettre pour les machines à vapeur, alternateurs, lignes et transformateurs, un rendement moyen de 70,86 p. %, ce qui donne un rendement industriel, soit énergie en eau élevée par seconde sur énergie de vapeur sur pistons de la machine motrice, de 43,5 p. %.

Les essais, comme nous l'avons dit plus haut, ont été arrêtés par des accidents d'engrenages : les engrenages taillés, en fonte, n'ont en effet pas résisté : nous allons essayer des engrenages à dents chevauchées en bois ; si elles résistent, elles auront l'avantage de réduire le bruit de marche.

Nous avons en outre au puits Magny une pompe placée à 360 et de construction analogue à celle que nous venons de décrire. Cette pompe est commandée par un moteur synchrone par l'intermédiaire d'un accouplement magnétique.

Nous installons aussi au puits Lucy une autre pompe de 65 chevaux. Cette pompe est à trois pistons plongeurs, à simple effet. Les trois pistons sont décalés de 120 degrés l'un par rapport à l'autre sur un même arbre.

Le moteur qui fait 480 tours par minute, en charge, attaque l'arbre de la pompe par un seul engrenage avec denture en bois : la pompe fait 80 tours. Les pistons ont un diamètre de 160 millimètres et font une course de 300 millimètres. Le débit doit atteindre 72 mètres cubes à l'heure : la hauteur de refoulement est de 160 mètres. Cette pompe ne sera en état de fonctionner que vers fin mars.

VENTILATEUR DU MAGNY, ÉTAGE 257.

C'est un ventilateur Mortier de 1^m,20 de diamètre de turbine : il tourne à raison de 450 tours par minute et peut être accouplé à volonté au moyen de courroïes, soit à un moteur à air fixé sur son bâti, soit à un arbre commandé directement par un moteur triphasé de 15 chevaux à 1.000 tours par minute, marchant sur 700 volts composés.

Le ventilateur étant installé dans de mauvaises conditions, en dérivation sur un autre ventilateur et avec un diffuseur recourbé à angle droit, nous ne parlerons ni de débit, ni de rendement. La puissance absorbée par le moteur est de 12.700 watts réels aux bornes.

Les installations du jour comprennent un nombre important de moteurs électriques.

Au tissage, les machines à vapeur ont été supprimées et remplacées par trois moteurs synchrones Labour de 50 kilowatts chacun, commandant par courroie les différentes transmissions de l'usine. Un quatrième moteur de même puissance commande une dynamo à courant continu assurant le service de l'éclairage.

Les moteurs polyphasés synchrones offrent pour un travail comme celui d'un tissage l'avantage d'une marche absolument régulière et d'une vitesse rigoureusement constante si la machine qui les alimente est elle-même maintenue à une vitesse constante. Un faible écart de la marche en synchronisme provoque l'arrêt des moteurs. Par contre, la généralisation de leur emploi est rendue difficile par le fait qu'ils ne peuvent démarrer sous charge. On les fait partir à

vide, en moteur asynchrone, la courroie sur une poulie folle au moteur et à la transmission ; et, la marche synchrone atteinte, le moteur excité, on donne à la courroie la vitesse de régime en serrant la poulie folle du moteur contre la poulie fixe ; on n'a plus ensuite qu'à faire passer la courroie sur la poulie fixe et à desserrer la poulie folle pour se trouver dans des conditions de marche normale. Les moteurs synchrones peuvent supporter des surcharges considérables si elles sont appliquées graduellement, tandis que les surcharges brusques, même de faible importance, occasionnent souvent la mise hors de synchronisme.

En plus de l'avantage d'une vitesse rigoureusement constante à toute charge, les moteurs synchrones en présentent un autre d'un intérêt plus général et que nous allons expliquer.

Les moteurs, transformateurs, lignes et génératrices offrent au passage des courants alternatifs, en plus de la résistance ohmique des conducteurs proprement dits, un autre genre de résistance qui retarde le passage de ces courants sans occasionner pourtant de perte d'énergie. C'est ce que l'on appelle l'inductance. On ne peut mieux comparer son effet qu'à celui d'une transmission par ressort à boudin que l'on ferait tourner alternativement à droite et à gauche. L'effet de l'inductance se produit chaque fois que le courant change de sens, c'est-à-dire deux fois par période complète. Il est surtout sensible pour des moteurs asynchrones peu chargés et peut influencer sur l'ensemble de la distribution au point qu'une génératrice de 100 kilowatts, par exemple, ne puisse en débiter effectivement que 50. Le rapport de l'énergie fournie par la machine à l'énergie qu'elle fournirait si le circuit ne présentait pas d'inductance, est ce que l'on appelle le facteur de puissance. Sur une distribution ordinaire avec moteurs asyn-

chrones, il est généralement de 70 à 80 p. %, à condition qu'il n'y ait pas beaucoup de petits moteurs ou de moteurs puissants peu chargés.

L'effet de l'inductance se manifeste par un décalage du courant relativement à la force électromotrice, le maximum efficace du courant ne se produisant qu'un certain temps après le maximum efficace de la force électromotrice, de sorte que l'énergie utilisable est le produit, non pas du maximum efficace du courant dans le maximum efficace de la force électromotrice, mais seulement dans une fraction de ce maximum efficace. Ce produit est par conséquent d'autant plus faible que le retard ou décalage est plus considérable. Or, les moteurs synchrones dont l'excitation est variable à volonté, ont une inductance relativement faible avec l'excitation donnant le rendement maximum puisque leur facteur de puissance varie alors de 90 à 95 p. %. En augmentant l'excitation, on produit un courant dévatté dont le décalage analogue à celui obtenu d'un condensateur fait que le courant est en avance sur la force électromotrice ; et, ce courant se composant avec le courant décalé en sens inverse par l'inductance du circuit, peut en diminuer l'effet, l'annuler exactement ou en renverser le signe. Les deux premiers effets sont seuls avantageux, et c'est pour essayer de les produire que nous avons placé tout à fait à l'extrémité de la distribution, à Galuzot (PL. III), un moteur synchrone de même type et même puissance que ceux du tissage. Il commande, par une transmission intermédiaire munie d'embrayages, une pompe qui fournit, à deux kilomètres de là, l'eau d'alimentation nécessaire aux chaudières des puits Saint-Amédée et Sainte-Barbe à Montmaillot, et une dynamo pour l'éclairage de Galuzot. Ce moteur n'étant en marche que depuis août 1898 et les nouvelles machines à mettre en route ne nous ayant

guère laissé de répit, nous n'avons pas encore eu le temps de faire des essais pour constater l'effet produit. Nous avons seulement vérifié, en confirmation du reste de la théorie, que le moteur ayant une très faible « self induction », le courant d'excitation correspondant au courant minimum dans le moteur, était sensiblement constant entre pleine charge et marche à vide.

Nous avons en outre, au jour, un treuil avec moteur de 15 chevaux sous 125 volts et 1000 tours par minute. Ce moteur commande par vis tangente agissant sur une couronne de galets, deux chaînes flottantes assurant, l'une la circulation de wagons pleins et vides sur un quai de chargement, et l'autre la circulation d'une trémie roulante pour charger en wagons P.-L.-M.

Nous avons aussi essayé à la carrière de la Sonde un treuil de plan incliné commandé par un moteur de 40 chevaux marchant directement sur 5000 volts. Nous avons reconnu que pour une si haute tension avec les nombreuses ruptures du circuit nécessitées par les manœuvres, les appareils étaient trop délicats, et nous faisons rebobiner l'inducteur de ce moteur pour marcher sur 700 volts.

Un moteur de 5 chevaux sous 125 volts et 1450 tours par minute commande par accouplement semi-élastique une pompe centrifuge double système Maginot-Pinette pouvant refouler environ 10 litres d'eau par seconde jusqu'à 18 mètres de hauteur. L'ensemble, monté sur un bâti unique, est destiné à être transporté partout où le besoin d'une telle pompe peut se faire sentir : on le branche sur les circuits d'éclairage.

Des petits moteurs de $1/4$ de cheval à 125 volts, montés sur machines à tricoter, ont aussi été installés. C'est une application qui doit s'étendre pour faciliter le travail à domicile.

Le réseau actuel comprend une ligne de huit kilomètres dans la direction Montmaillot-Galuzot, 800 mètres dans la direction Saint-François et 1200 mètres dans celle du Tissage. La plus grande longueur de câble dans les travaux souterrains se rencontre au puits Saint-Amédée où il y en a 1700 mètres de sections variant de 45 à 15 millimètres carrés. Les puits munis de câbles pour distribution d'énergie électrique pour force motrice sont en ce moment Saint-Amédée, le Magny, Lucy et Saint-François.

Le facteur de charge de la station centrale est en ce moment d'environ 25 p. %. Il est bas à cause du Tissage qui ne marche que 12 heures par jour.

L'emploi des courants triphasés pour distribution d'énergie électrique a été assez fréquemment justifié pour que nous ne fassions qu'en énumérer les avantages qui sont d'abord ceux des courants alternatifs en général, c'est-à-dire facilité de transformation permettant d'employer de très hautes tensions sur les lignes de distribution et des tensions hautes ou faibles aux points d'utilisation, et facilité de conduite des machines génératrices de courant qui, dans notre cas, n'ont d'autres contacts mobiles que ceux de l'excitatrice. Et, au point de vue spécial des courants triphasés, économie de cuivre sur les lignes, facilité de réglage et qualité des démarrages.

La longueur des lignes de distribution justifie l'emploi de la tension de 5000 volts composés. Pour celle de 700 volts utilisée dans les travaux du fond, il trouve son explication dans le développement des câbles qui seraient beaucoup trop coûteux avec une tension moins élevée. Elle est du reste employée, mais avec plusieurs courants continus, dans plusieurs mines d'Angleterre. Nous n'avons pas trouvé de motifs pour ne pas l'em-

ployer aussi avec les courants alternatifs, étant donné que si l'on se place au point de vue du danger, des exemples récents montrent qu'il peut y avoir mort d'homme avec des tensions inférieures à 125 volts. Nous avons pensé que dans ces conditions il valait mieux soigner particulièrement l'isolement des circuits et appareils avec lesquels les ouvriers seraient susceptibles de se mettre en contact, plutôt que de chercher dans l'emploi de tensions ridiculement faibles une sécurité qui pourrait n'être qu'illusoire.

Notre manière de voir quant à la tension de 700 volts vient de se trouver confirmée par la décision du gouvernement helvétique qui a admis 1000 volts alternatifs pour les chemins de fer et tramways électriques.

LOI du 9 avril 1898

CONCERNANT

LES RESPONSABILITÉS DES ACCIDENTS

**DONT LES OUVRIERS
SONT VICTIMES DANS LEUR TRAVAIL**

TITRE PREMIER

Indemnités en cas d'accidents

ARTICLE PREMIER.

Les accidents survenus par le fait du travail, ou à l'occasion du travail, aux ouvriers et employés occupés dans l'industrie du bâtiment, les usines, manufactures, chantiers, les entreprises de transport par terre et par eau, de chargement et de déchargement, les magasins publics, mines, minières, carrières, et, en outre, dans toute exploitation ou mises en œuvre des matières explosives, ou dans laquelle il est fait usage d'une machine mue par une force autre que celle de l'homme ou des animaux, donnent droit, au profit de la victime ou de ses représentants, à une indemnité à la charge du chef d'entreprise, à la condition que l'interruption de travail ait duré plus de quatre jours.

Les ouvriers qui travaillent seuls d'ordinaire ne pourront être assujettis à la présente loi par le fait de la collaboration accidentelle d'un ou de plusieurs de leurs camarades.

ART. 2.

Les ouvriers et employés désignés à l'article précédent ne peuvent se prévaloir, à raison des accidents dont ils sont victimes dans leur travail, d'aucunes dispositions autres que celles de la présente loi.

Ceux dont le salaire annuel dépasse 2.400 francs ne bénéficient de ces dispositions que jusqu'à concurrence de cette

somme. Pour le surplus, ils n'ont droit qu'au quart des rentes ou indemnités stipulées à l'article 3, à moins de conventions contraires quant au chiffre de la quotité.

ART. 3.

Dans les cas prévus à l'article premier, l'ouvrier ou l'employé a droit :

Pour l'incapacité absolue et permanente, à une rente égale aux deux tiers de son salaire annuel ;

Pour l'incapacité partielle et permanente, à une rente égale à la moitié de la réduction que l'accident aura fait subir au salaire ;

Pour l'incapacité temporaire, à une indemnité journalière égale à la moitié du salaire touché au moment de l'accident si l'incapacité de travail a duré plus de quatre jours et à partir du cinquième jour.

Lorsque l'accident est suivi de mort, une pension est servie aux personnes ci-après désignées, à partir du décès, dans les conditions suivantes :

A. Une rente viagère égale à 20 p. 0/0 du salaire annuel de la victime pour le conjoint survivant non divorcé ou séparé de corps, à la condition que le mariage ait été contracté antérieurement à l'accident.

En cas de nouveau mariage, le conjoint cesse d'avoir droit à la rente mentionnée ci-dessus ; il lui sera alloué, dans ce cas, le triple de cette rente à titre d'indemnité totale.

B. Pour les enfants, légitimes ou naturels, reconnus avant l'accident, orphelins de père ou de mère, âgés de moins de seize ans, une rente calculée sur le salaire annuel de la victime à raison de 15 p. 0/0 de ce salaire s'il n'y a qu'un enfant, de 25 p. 0/0 s'il y en a deux, de 35 p. 0/0 s'il y en a trois et de 40 p. 0/0 s'il y en a quatre ou un plus grand nombre.

Pour les enfants, orphelins de père et de mère, la rente est portée pour chacun d'eux à 20 p. 0/0 du salaire.

L'ensemble de ces rentes ne peut, dans le premier cas, dépasser 40 p. 0/0 du salaire ni 60 p. 0/0 dans le second.

C. Si la victime n'a ni conjoint ni enfant dans les termes des paragraphes A et B, chacun des ascendants et des descendants qui était à sa charge recevra une rente, viagère pour les ascendants, et payable jusqu'à seize ans pour les descendants. Cette rente sera égale à 10 p. 0/0 du salaire

annuel de la victime, sans que le montant total des rentes ainsi allouées puisse dépasser 30 p. 0/0.

Chacune des rentes prévues par le paragraphe C est, le cas échéant, réduite proportionnellement.

Les rentes constituées en vertu de la présente loi sont payables par trimestre ; elles sont incessibles et insaisissables.

Les ouvriers étrangers victimes d'accidents qui cesseront de résider sur le territoire français recevront, pour toute indemnité, un capital égal à trois fois la rente qui leur avait été allouée.

Les représentants d'un ouvrier étranger ne recevront aucune indemnité si, au moment de l'accident, ils ne résidaient pas sur le territoire français.

ART. 4.

Le chef d'entreprise supporte en outre les frais médicaux et pharmaceutiques et les frais funéraires. Ces derniers sont évalués à la somme de 100 francs au maximum.

Quant aux frais médicaux et pharmaceutiques, si la victime a fait choix elle-même de son médecin, le chef d'entreprise ne peut être tenu que jusqu'à concurrence de la somme fixée par le juge de paix du canton, conformément aux tarifs adoptés dans chaque département pour l'assistance médicale gratuite.

ART. 5.

Les chefs d'entreprise peuvent se décharger pendant les trente, soixante ou quatre-vingt-dix premiers jours à partir de l'accident, de l'obligation de payer aux victimes les frais de maladie et l'indemnité temporaire, ou une partie seulement de cette indemnité comme il est spécifié ci-après, s'ils justifient :

1° Qu'ils ont affilié leurs ouvriers à des Sociétés de secours mutuels et pris à leur charge une quote-part de la cotisation qui aura été déterminée d'un commun accord, et en se conformant aux statuts-type approuvés par le Ministre compétent, mais qui ne devra pas être inférieure au tiers de cette cotisation ;

2° Que ces Sociétés assurent à leurs membres, en cas de blessures, pendant trente, soixante ou quatre-vingt-dix jours, les soins médicaux et pharmaceutiques et une indemnité journalière.

Si l'indemnité journalière servie par la Société est inférieure à la moitié du salaire quotidien de la victime, le chef d'entreprise est tenu de lui verser la différence.

ART. 6.

Les exploitants de mines, minières et carrières peuvent se décharger des frais et indemnités mentionnés à l'article précédent moyennant une subvention annuelle versée aux Caisses ou Sociétés de secours constituées dans ces entreprises, en vertu de la loi du 29 juin 1894.

Le montant et les conditions de cette subvention devront être acceptés par la Société et approuvés par le Ministre des Travaux publics.

Ces deux dispositions seront applicables à tous autres chefs d'industrie qui auront créé en faveur de leurs ouvriers des Caisses particulières de secours, en conformité du titre III de la loi du 29 juin 1894. L'approbation prévue ci-dessus sera, en ce qui les concerne, donnée par le Ministre du Commerce et de l'Industrie.

ART. 7.

Indépendamment de l'action résultant de la présente loi, la victime ou ses représentants conservent, contre les auteurs de l'accident autres que le patron ou ses ouvriers et préposés, le droit de réclamer la réparation du préjudice causé, conformément aux règles du droit commun.

L'indemnité qui leur sera allouée exonérera à due concurrence le chef d'entreprise des obligations mises à sa charge.

Cette action contre les tiers responsables pourra même être exercée par le chef d'entreprise, à ses risques et périls, au lieu et place de la victime ou de ses ayants droit, si ceux-ci négligent d'en faire usage.

ART. 8.

Le salaire qui servira de base à la fixation de l'indemnité allouée à l'ouvrier âgé de moins de seize ans ou à l'apprenti victime d'un accident ne sera pas inférieur au salaire le plus bas des ouvriers valides de la même catégorie occupés dans l'entreprise.

Toutefois, dans le cas d'incapacité temporaire, l'indemnité de l'ouvrier âgé de moins de seize ans ne pourra pas dépasser le montant de son salaire.

ART. 9.

Lors du règlement définitif de la rente viagère, après le délai de revision prévu à l'article 19, la victime peut demander que le quart au plus du capital nécessaire à l'établissement de cette rente, calculé d'après les tarifs dressés pour les victimes d'accidents par la Caisse des retraites pour la vieillesse, lui soit attribué en espèces.

Elle peut aussi demander que ce capital, ou ce capital réduit du quart au plus, comme il vient d'être dit, serve à constituer sur sa tête une rente viagère réversible, pour moitié au plus, sur la tête de son conjoint. Dans ce cas, la rente viagère sera diminuée de façon qu'il ne résulte de la réversibilité aucune augmentation de charges pour le chef d'entreprise.

Le tribunal, en chambre du conseil, statuera sur ces demandes.

ART. 10.

Le salaire servant de base à la fixation des rentes s'entend, pour l'ouvrier occupé dans l'entreprise pendant les douze mois écoulés avant l'accident, de la rémunération effective qui lui a été allouée pendant ce temps, soit en argent, soit en nature.

Pour les ouvriers occupés pendant moins de douze mois avant l'accident, il doit s'entendre de la rémunération effective qu'ils ont reçue depuis leur entrée dans l'entreprise, augmentée de la rémunération moyenne qu'ont reçue, pendant la période nécessaire pour compléter les douze mois, les ouvriers de la même catégorie. Si le travail n'est pas continu, le salaire annuel est calculé tant d'après la rémunération reçue pendant la période d'activité que d'après le gain de l'ouvrier pendant le reste de l'année.

TITRE II

Déclaration des accidents et enquête.

ART. 11.

Tout accident ayant occasionné une incapacité de travail doit être déclaré, dans les quarante-huit heures, par le chef d'entreprise ou ses préposés, au maire de la commune qui en dresse procès-verbal.

Cette déclaration doit contenir les noms et adresses des témoins de l'accident. Il y est joint un certificat de médecin indiquant l'état de la victime, les suites probables de l'accident et l'époque à laquelle il sera possible d'en connaître le résultat définitif.

La même déclaration pourra être faite par la victime ou ses représentants.

Récépissé de la déclaration et du certificat du médecin est remis par le maire au déclarant.

Avis de l'accident est donné immédiatement par le maire à l'inspecteur divisionnaire ou départemental du travail ou à l'ingénieur ordinaire des mines chargé de la surveillance de l'entreprise.

L'article 15 de la loi du 2 novembre 1892 et l'article 11 de la loi du 12 juin 1893 cessent d'être applicables dans les cas visés par la présente loi.

ART. 12.

Lorsque, d'après le certificat médical, la blessure paraît devoir entraîner la mort ou une incapacité permanente absolue ou partielle de travail, le maire transmet immédiatement copie de la déclaration et le certificat médical au juge de paix du canton où l'accident s'est produit.

Dans les vingt-quatre heures de la réception de cet avis, le juge de paix procède à une enquête à l'effet de rechercher :

- 1° La cause, la nature et les circonstances de l'accident ;
- 2° Les personnes victimes et le lieu où elles se trouvent ;
- 3° La nature des lésions ;
- 4° Les ayants droit pouvant, le cas échéant, prétendre à une indemnité ;
- 5° Le salaire quotidien et le salaire annuel des victimes.

ART. 13.

L'enquête a lieu contradictoirement, dans les formes prescrites par les articles 35, 36, 37, 38 et 39 du Code de procédure civile en présence des parties intéressées ou celles-ci convoquées d'urgence par lettre recommandée.

Le juge de paix doit se transporter auprès de la victime de l'accident qui se trouve dans l'impossibilité d'assister à l'enquête.

Lorsque le certificat médical ne lui paraîtra pas suffisant,

le juge de paix pourra désigner un médecin pour examiner le blessé.

Il peut aussi commettre un expert pour l'assister dans l'enquête.

Il n'y a pas lieu, toutefois, à nomination d'expert dans les entreprises administrativement surveillées, ni dans celles de l'Etat placées sous le contrôle d'un service distinct du service de gestion, ni dans les établissements nationaux où s'effectuent des travaux que la sécurité publique oblige à tenir secrets. Dans ces divers cas, les fonctionnaires chargés de la surveillance ou du contrôle de ces établissements ou entreprises et, en ce qui concerne les exploitations minières les délégués à la sécurité des ouvriers mineurs, transmettent au juge de paix, pour être joint au procès-verbal d'enquête, un exemplaire de leur rapport.

Sauf les cas d'impossibilité matérielle, dûment constatés dans le procès-verbal, l'enquête doit être close dans le plus bref délai et, au plus tard, dans les dix jours à partir de l'accident. Le juge de paix avertit, par lettre recommandée, les parties de la clôture de l'enquête et du dépôt de la minute au greffe, où elles pourront pendant un délai de cinq jours en prendre connaissance et s'en faire délivrer une expédition, affranchie du timbre et de l'enregistrement. A l'expiration de ce délai de cinq jours, le dossier de l'enquête est transmis au président du tribunal civil de l'arrondissement.

ART. 14.

Sont punis d'une amende d'un à quinze francs (1 à 15 fr.) les chefs d'industrie ou leurs préposés qui ont contrevenu aux dispositions de l'article 11.

En cas de récidive dans l'année, l'amende peut être relevée de seize à trois cents francs (16 à 300 fr.)

L'article 463 du Code pénal est applicable aux contraventions prévues par le présent article.

TITRE III.

Compétence. — Juridictions. — Procédure. — Revision.

ART. 15.

Les contestations entre les victimes d'accidents et les chefs d'entreprise, relatives aux frais funéraires, aux frais de maladie ou aux indemnités temporaires, sont jugées en

dernier ressort par le juge de paix du canton où l'accident s'est produit, à quelque chiffre que la demande puisse s'élever.

ART. 16.

En ce qui touche les autres indemnités prévues par la présente loi, le président du tribunal de l'arrondissement convoque, dans les cinq jours à partir de la transmission du dossier, la victime ou ses ayants droit et le chef d'entreprise, qui peut se faire représenter.

S'il y a accord des parties intéressées, l'indemnité est définitivement fixée par l'ordonnance du président, qui donne acte de cet accord.

Si l'accord n'a pas lieu, l'affaire est renvoyée devant le tribunal qui statue comme en matière sommaire, conformément au titre 24 du livre II du Code de procédure civile.

Si la cause n'est pas en état, le tribunal sursoit à statuer et l'indemnité temporaire continuera à être servie jusqu'à la décision définitive.

Le tribunal pourra condamner le chef d'entreprise à payer une provision ; sa décision sur ce point sera exécutoire nonobstant appel.

ART. 17.

Les jugements rendus en vertu de la présente loi sont susceptibles d'appel selon les règles du droit commun. Toutefois l'appel devra être interjeté dans les quinze jours de la date du jugement s'il est contradictoire, et s'il est par défaut dans la quinzaine à partir du jour où l'opposition ne sera plus recevable.

L'opposition ne sera plus recevable en cas de jugement par défaut contre partie, lorsque le jugement aura été signifié à personne, passé le délai de quinze jours à partir de cette signification.

La Cour statuera d'urgence dans le mois de l'acte d'appel. Les parties pourront se pourvoir en cassation.

ART. 18.

L'action en indemnité prévue par la présente loi se prescrit par un an à dater du jour de l'accident.

ART. 19.

La demande en révision de l'indemnité fondée sur une aggravation ou atténuation de l'infirmité de la victime ou son

décès par suite des conséquences de l'accident est ouverte pendant trois ans à dater de l'accord intervenu entre les parties ou de la décision définitive.

Le titre de pension n'est remis à la victime qu'à l'expiration des trois ans.

ART. 20.

Aucune des indemnités déterminées par la présente loi ne peut être attribuée à la victime qui a intentionnellement provoqué l'accident.

Le tribunal a le droit, s'il est prouvé que l'accident est dû à une faute inexcusable de l'ouvrier, de diminuer la pension fixée au titre 1^{er}.

Lorsqu'il est prouvé que l'accident est dû à la faute inexcusable du patron ou de ceux qu'il s'est substitués dans la direction, l'indemnité pourra être majorée, mais sans que la rente viagère ou le total des rentes viagères allouées puisse dépasser soit la réduction, soit le montant du salaire annuel.

ART. 21.

Les parties peuvent toujours, après détermination du chiffre de l'indemnité due à la victime de l'accident, décider que le service de la pension sera suspendu et remplacé, tant que l'accord subsistera, par tout autre mode de réparation.

Sauf dans le cas prévu à l'article 3, paragraphe A, la pension ne pourra être remplacée par le paiement d'un capital que si elle n'est pas supérieure à 100 francs.

ART. 22.

Le bénéfice de l'assistance judiciaire est accordé de plein droit, sur le visa du procureur de la République, à la victime de l'accident ou à ses ayants droit devant le tribunal ;

A cet effet le président du Tribunal adresse au procureur de la République, dans les trois jours de la comparution des parties prévue par l'article 16, un extrait de son procès-verbal de non-conciliation ; il y joint des pièces de l'affaire.

Le procureur de la République procède comme il est prescrit à l'article 13 (paragraphe 2 et suivants) de la loi du 22 janvier 1851.

Le bénéfice de l'assistance judiciaire s'étend de plein

droit aux instances devant le juge de paix, à tous les actes d'exécution mobilière et immobilière, et à toute contestation incidente à l'exécution des décisions judiciaires.

TITRE IV

Garanties.

ART. 23.

La créance de la victime de l'accident ou de ses ayants droit relative aux frais médicaux, pharmaceutiques et funéraires, ainsi qu'aux indemnités allouées à la suite de l'incapacité temporaire de travail, est garantie par le privilège de l'article 2101 du Code civil et y sera inscrite sous le numéro 6 ;

Le paiement des indemnités pour incapacité permanente de travail ou accidents suivis de mort est garanti conformément aux dispositions des articles suivants.

ART. 24.

A défaut, soit par les chefs d'entreprise débiteurs, soit par les Sociétés d'assurances à primes fixes ou mutuelles, ou les syndicats de garantie liant solidairement tous leurs adhérents, de s'acquitter, au moment de leur exigibilité, des indemnités mises à leur charge à la suite d'accidents ayant entraîné la mort ou une incapacité permanente de travail, le paiement en sera assuré aux intéressés par les soins de la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse, au moyen d'un fonds spécial de garantie constitué comme il va être dit et dont la gestion sera confiée à ladite Caisse.

ART. 25.

Pour la constitution du fonds spécial de garantie, il sera ajouté au principal de la contribution des patentes des industriels visés par l'article premier, quatre centimes additionnels. Il sera perçu sur les mines une taxe de cinq centimes par hectare concédé.

Ces taxes pourront, suivant les besoins, être majorées ou réduites par la loi de finances.

ART. 26.

La Caisse nationale des retraites exercera un recours contre les chefs d'entreprise débiteurs, pour le compte desquels des sommes auront été payées par elle conformément aux dispositions qui précèdent.

En cas d'assurance du chef d'entreprise, elle jouira, pour le remboursement de ses avances, du privilège de l'article 2102 du Code civil sur l'indemnité due par l'assureur et n'aura plus de recours contre le chef d'entreprise.

Un règlement d'administration publique déterminera les conditions d'organisation et de fonctionnement du service conféré par les dispositions précédentes à la Caisse nationale des retraites et notamment les formes du recours à exercer contre les chefs d'entreprise débiteurs, ou les Sociétés d'assurances et les syndicats de garantie, ainsi que les conditions dans lesquelles les victimes d'accidents ou leurs ayants droit seront admis à réclamer à la Caisse le paiement de leurs indemnités.

Les décisions judiciaires n'emporteront hypothèque que si elles sont rendues au profit de la Caisse des retraites exerçant son recours contre les chefs d'entreprise ou les Compagnies d'assurances.

ART. 27.

Les Compagnies d'assurances mutuelles ou à primes fixes contre les accidents, françaises ou étrangères, sont soumises à la surveillance et au contrôle de l'Etat et astreintes à constituer des réserves ou cautionnements dans les conditions déterminées par un règlement d'administration publique.

Le montant des réserves ou cautionnements sera affecté par privilège au paiement des pensions et indemnités.

Les syndicats de garantie seront soumis à la même surveillance et un règlement d'administration publique déterminera les conditions de leur création et de leur fonctionnement.

Les frais de toute nature résultant de la surveillance et du contrôle seront couverts au moyen de contributions proportionnelles au montant des réserves ou cautionnements, et fixés annuellement, pour chaque Compagnie ou association, par arrêté du Ministre du Commerce.

ART. 28.

Le versement du capital représentatif des pensions allouées en vertu de la présente loi ne peut être exigé des débiteurs.

Toutefois, les débiteurs qui désireront se libérer en une fois pourront verser le capital représentatif de ces pensions à la Caisse nationale des retraites qui établira à cet effet, dans les six mois de la promulgation de la présente loi, un tarif tenant compte de la mortalité des victimes d'accidents et de leurs ayants droit.

Lorsqu'un chef d'entreprise cesse son industrie, soit volontairement, soit par décès, liquidation judiciaire ou faillite, soit par cession d'établissement, le capital représentatif des pensions à sa charge devient exigible de plein droit et sera versé à la Caisse nationale des retraites. Ce capital sera déterminé au jour de son exigibilité d'après le tarif visé au paragraphe précédent.

Toutefois, le chef d'entreprise ou ses ayants droit peuvent être exonérés du versement de ce capital, s'ils fournissent des garanties qui seront à déterminer par un règlement d'administration publique.

TITRE V

Dispositions générales.

ART. 29.

Les procès-verbaux, certificats, actes de notoriété, significations, jugements et autres actes faits ou rendus en vertu et pour l'exécution de la présente loi, sont délivrés gratuitement, visés pour timbre et enregistrés gratis lorsqu'il y a lieu à la formalité de l'enregistrement.

Dans les six mois de la promulgation de la présente loi, un décret déterminera les émoluments des greffiers de justice de paix pour leur assistance et la rédaction des actes de notoriété, procès-verbaux, certificats, significations, jugements, envois de lettres recommandées, extraits, dépôt de la minute d'enquête au greffe, et pour tous les actes nécessités par l'application de la présente loi, ainsi que les frais de transport auprès des victimes et d'enquête sur place.

ART. 30.

Toute convention contraire à la présente loi est nulle de plein droit.

ART. 31.

Les chefs d'entreprise sont tenus, sous peine d'une amende d'un à quinze francs (1 à 15 fr.), de faire afficher dans chaque atelier la présente loi et les règlements d'administration relatifs à son exécution.

En cas de récidive dans la même année, l'amende sera de seize à cent francs (16 à 100 fr.).

Les infractions aux dispositions des articles 11 et 31 pourront être constatées par les inspecteurs du travail.

ART. 32.

Il n'est point dérogé aux lois, ordonnances et règlements concernant les pensions des ouvriers, apprentis et journaliers appartenant aux ateliers de la Marine et celles des ouvriers immatriculés des manufactures d'armes dépendant du Ministère de la Guerre.

ART. 33.

La présente loi ne sera applicable que trois mois après la publication officielle des décrets d'administration publique qui doivent en régler l'exécution.

ART. 34.

Un règlement d'administration publique déterminera les conditions dans lesquelles la présente loi pourra être appliquée à l'Algérie et aux colonies.

RÈGLEMENT

**relatif aux formes et conditions de paiement
de pensions**

par la Caisse Nationale des Retraites.

en cas de cessation du service des pensions

(en application de l'article 26, § 3 de la loi).

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,

Vu les avis du ministre des finances en date des 5 décembre 1898 et 21 janvier 1899 ;

Vu l'avis du ministre de la justice, en date du 29 octobre 1898 ;

Vu la loi du 9 avril 1898 et notamment le troisième paragraphe de l'article 26 ainsi conçu : « Un règlement d'administration publique déterminera les conditions d'organisation et de fonctionnement du service conféré par les dispositions précédentes à la caisse nationale des retraites et notamment les formes du recours à exercer contre les chefs d'entreprise débiteurs ou les sociétés d'assurances et les syndicats de garantie, ainsi que les conditions dans lesquelles les victimes d'accidents ou leurs ayants droit seront admis à réclamer à la caisse le paiement de leurs indemnités » ;

Vu la loi du 20 juillet 1886 et le décret du 28 décembre 1886 ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décète :

TITRE PREMIER

**Conditions dans lesquelles les victimes d'accidents
ou leurs ayants droit
sont admis à réclamer le paiement de leurs indemnités**

ARTICLE PREMIER. — Tout bénéficiaire d'une indemnité liquidée en vertu de l'article 16 de la loi du 9 avril 1898, à la suite d'un accident ayant entraîné la mort ou une incapacité permanente de travail, qui n'aura pu obtenir le paiement, lors de leur exigibilité, des sommes qui lui sont dues, doit en faire la déclaration au maire de la commune de sa résidence.

ART. 2. — La déclaration est faite soit par le bénéficiaire de l'indemnité ou son représentant légal, soit par un mandataire ; elle est exempte de tous frais.

ART. 3. — La déclaration doit indiquer :

1° Les nom, prénoms, âge, nationalité, état-civil, profession, domicile du bénéficiaire de l'indemnité ;

2° Les nom et domicile du chef d'entreprise débiteur ou la désignation et l'indication du siège de la société d'assurances ou du syndicat de garantie qui aurait dû acquitter la dette à ses lieu et place ;

3° La nature de l'indemnité et le montant de la créance réclamée ;

4° L'ordonnance ou le jugement en vertu duquel agit le bénéficiaire ;

5° Le cas échéant, les nom, prénoms, profession et domicile du représentant légal du bénéficiaire ou du mandataire.

ART. 4. — La déclaration, rédigée par les soins du maire, est signée par le déclarant.

Le maire y joint toutes les pièces qui lui sont remises par le réclamant à l'effet d'établir l'origine de la créance, ses modifications ultérieures et le refus de paiement opposé par le débiteur : chef d'entreprise, société d'assurance ou syndicat de garantie.

ART. 5. — Récépissé de la déclaration et des pièces qui l'accompagnent est remis par le maire au déclarant.

La déclaration et les pièces produites à l'appui sont transmises par le maire au directeur général de la Caisse des dépôts et consignations dans les vingt-quatre heures.

ART. 6. — Le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations adresse, dans les quarante-huit heures à partir de sa réception, le dossier au juge de paix du domicile du débiteur, en l'invitant à convoquer celui-ci d'urgence par lettre recommandée.

ART. 7. — Le débiteur doit comparaître au jour fixé par le juge de paix, soit en personne, soit par mandataire.

Il lui est donné connaissance de la réclamation formulée contre lui.

Procès-verbal est dressé par le juge de paix des déclarations faites par le comparant qui appose sa signature sur le procès-verbal.

ART. 8. — Le comparant qui ne conteste ni la réalité ni le montant de la créance est invité par le juge de paix soit à s'acquitter par devant lui, soit à expédier au réclamant la somme due au moyen d'un mandat-carte et à communiquer au greffe le récépissé de cet envoi.

Cette communication doit être effectuée au plus tard le deuxième jour qui suit la comparution devant le juge de paix.

Le juge de paix statue sur le paiement des frais de convocation.

Il constate, s'il y a lieu, dans son procès-verbal, la libération du débiteur.

ART. 9. — Dans le cas où le comparant, tout en reconnaissant la réalité et le montant de sa dette, déclare ne pas être en état de s'acquitter immédiatement, le juge de paix est autorisé, si les motifs invoqués paraissent légitimes, à lui accorder pour sa libération un délai qui ne peut excéder un mois.

Dans ce cas, en vue du paiement immédiat prévu à l'article 13 ci-dessous, le procès-verbal dressé par le juge de paix constate la reconnaissance de dette et l'engagement pris par le comparant de se libérer dans le délai qui lui a été accordé au moyen soit d'un versement entre les mains du caissier de la Caisse des dépôts et consignations à Paris ou des préposés de la caisse dans les départements, soit de

l'expédition d'un mandat-carté payable au caissier général à Paris.

ART. 10. — Si le comparant déclare ne pas être débiteur du réclamant ou n'être que partiellement son débiteur, le juge de paix constate dans son procès-verbal le refus total ou partiel de paiement et les motifs qui en ont été donnés.

Il est procédé pour l'acquittement de la somme non contestée suivant les dispositions des articles 8 ou 9, tous droits restant réservés pour le surplus.

ART. 11. — Au cas où le débiteur convoqué ne comparait pas au jour fixé, le juge de paix procède dans la huitaine à une enquête à l'effet de rechercher :

- 1° Si le débiteur convoqué n'a pas changé de domicile ;
- 2° S'il a cessé son industrie soit volontairement, soit par cession d'établissement, soit par suite de faillite ou de liquidation judiciaire et, dans ce cas, quel est le syndic ou le liquidateur, soit par suite de décès et, dans l'affirmative, par qui sa succession est représentée.

Le procès-verbal dressé par le juge de paix constate la non-comparution et les résultats de l'enquête.

ART. 12. — Dans les deux jours qui suivent soit la libération immédiate du débiteur, soit sa comparution devant le juge de paix au cas où il a refusé le paiement ou obtenu un délai, soit la clôture de l'enquête dont il est question en l'article précédent, le juge de paix adresse au directeur général de la Caisse des dépôts et consignations le dossier et y joint le procès-verbal par lui dressé.

ART. 13. — Dès la réception du dossier, s'il résulte du procès-verbal dressé par le juge de paix que le débiteur n'a pas contesté sa dette, mais ne s'en est pas libéré, ou si les motifs invoqués pour refuser le paiement ne paraissent pas légitimes, le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations remet au réclamant ou lui adresse, par mandat-carte, la somme à laquelle il a droit. Il fait parvenir également au greffier de la justice de paix le montant de ses déboursés et émoluments.

Il est procédé de même, si le débiteur ne s'est pas présenté devant le juge de paix et si la réclamation du bénéficiaire de l'indemnité paraît justifiée.

ART. 14. — Dans le cas où les motifs invoqués par le comparant pour refuser le paiement paraissent fondés ou, en cas de non-comparution, si la réclamation formulée par le bénéficiaire ne semble pas suffisamment justifiée, le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations renvoie, par l'intermédiaire du maire, au réclamant le dossier par lui produit en lui laissant le soin d'agir contre la personne dont il se prétend le créancier, conformément aux règles du droit commun.

Le montant des déboursés et émoluments du greffier est, en ce cas, acquitté par les soins du directeur général et imputé sur les fonds de garantie.

TITRE II

Du recours de la Caisse des retraites pour le recouvrement de ses avances et pour l'encaissement des capitaux exigibles.

ART. 15. — Le recours de la Caisse nationale des retraites est exercé aux requête et diligence du directeur général de la Caisse des dépôts et consignations, dans les conditions énoncées aux articles suivants.

ART. 16. — Dans les cinq jours qui suivent le paiement fait au bénéficiaire de l'indemnité et au greffier de la justice de paix, conformément aux articles 13 et 14, ou à l'expiration du délai dont il est question à l'article 9, si le remboursement n'a pas été opéré dans ce délai, le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations informe le débiteur, par lettre recommandée, du paiement effectué pour son compte.

La lettre recommandée fait en même temps connaître que, faute par le débiteur d'avoir remboursé dans un délai de quinzaine le montant de la somme payée, d'après un des modes prévus au dernier alinéa de l'article 9, le recouvrement sera poursuivi par la voie judiciaire.

ART. 17. — A l'expiration du délai imparti par le deuxième alinéa de l'article 16 ci-dessus, il est délivré par le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations, à l'encontre du débiteur qui ne s'est pas acquitté, une contrainte pour le recouvrement.

ART. 18. — La contrainte décernée par le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations est visée et déclarée exécutoire par le juge de paix du domicile du débiteur.

Elle est signifiée par ministère d'huissier.

ART. 19. — L'exécution de la contrainte ne peut être interrompue que par une opposition formée par le débiteur et contenant assignation donnée au directeur général de la Caisse des dépôts et consignations devant le tribunal civil du domicile du débiteur.

ART. 20. — L'instance à laquelle donne lieu l'opposition à contrainte est suivie dans les formes et délais déterminés par l'article 65 de la loi du 22 frimaire an VII sur l'enregistrement.

ART. 21. — Les frais de poursuites et dépens de l'instance auxquels a été condamné le débiteur débouté de son opposition sont recouvrés par le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations au moyen d'un état de frais taxé sur sa demande et rendu exécutoire par le président du tribunal.

ART. 22. — Lorsque le capital représentatif d'une pension est, conformément aux termes de l'article 28 de la loi du 9 avril 1898, devenu exigible par suite de la faillite ou de la liquidation judiciaire du débiteur, le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations représentant la caisse nationale des retraites pour la vieillesse demande l'admission au passif pour le montant de sa créance.

Il est procédé, dans ce cas, conformément aux dispositions des articles 491 et suivants du Code de commerce et de la loi du 4 mars 1889 sur la liquidation judiciaire.

ART. 23. — En cas d'exigibilité du capital par suite d'une des circonstances prévues en l'article 28 de la loi du 9 avril 1898 autre que la faillite ou la liquidation judiciaire du débiteur, le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations, par lettre recommandée, met en demeure le débiteur ou ses représentants d'opérer dans les deux mois qui suivront la réception de la lettre le versement à la caisse nationale des retraites du capital exigible, à moins qu'il ne soit justifié que les garanties prescrites par le décret du 28 février 1899, portant règlement d'adminis-

tration publique en exécution de l'article 28 de la loi ci-dessus visée, ont été fournies.

ART. 24. — Si, à l'expiration du délai de deux mois, le versement n'a pas été effectué ou les garanties exigées n'ont pas été fournies, il est procédé au recouvrement dans les mêmes conditions et suivant les formes énoncées aux articles 17 à 21 du présent décret.

ART. 25. — En dehors des délais fixés par les dispositions qui précèdent, le directeur général de la Caisse des dépôts et consignations peut accorder au débiteur tous délais ou toutes facilités de paiement.

Le directeur général peut également transiger.

TITRE III

Organisation du fonds de garantie.

ART. 26. — Le fonds de garantie institué par les articles 24 et 25 de la loi du 9 avril 1898 fait l'objet d'un compte spécial ouvert dans les écritures de la Caisse des dépôts et consignations.

ART. 27. — Le ministre du commerce adresse au Président de la République un rapport annuel, publié au *Journal officiel*, sur le fonctionnement général du fonds de garantie visé par les articles 24 à 26 de la loi du 9 avril 1898.

ART. 28. — Les recettes du fonds de garantie comprennent :

1° Les versements effectués par le Trésor public, représentant le montant des taxes recouvrées en conformité de l'article 25 de la loi du 9 avril 1898 ;

2° Les recouvrements effectués sur les débiteurs d'indemnités dans les conditions prévues aux titres I et II du présent décret ;

3° Les revenus et arrérages et le produit du remboursement des valeurs acquises en conformité de l'article 30 du présent décret ;

4° Les intérêts du fonds de roulement prévu au deuxième alinéa du même article.

ART. 29. — Les dépenses du fonds de garantie comprennent :

1° Les sommes payées aux bénéficiaires des indemnités ;

2° Les sommes versées sur des livrets individuels à la caisse nationale des retraites pour la vieillesse et représentant les capitaux de pensions exigibles dans les cas prévus par l'article 28, § 3 de la loi du 9 avril 1898 ;

3° Le montant des frais de toute nature auxquels donne lieu le fonctionnement du fonds de garantie.

ART. 30. — Les ressources du fonds de garantie sont employées dans les conditions prescrites par l'article 22 de la loi du 20 juillet 1886.

Les sommes liquides reconnues nécessaires pour assurer le fonctionnement du fonds de garantie sont bonifiées d'un intérêt calculé à un taux égal à celui qui est adopté pour le compte courant ouvert à la Caisse des dépôts et consignations dans les écritures du Trésor public.

ART. 31. — Le ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, le ministre des finances et le garde des sceaux, ministre de la justice, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 28 février 1899.

EMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

*Le ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,*

PAUL DELOMBRE.

Le ministre des finances,

P. PEYTRAL.

Le garde des sceaux, ministre de la justice,

GEORGES LEBRET.

RÈGLEMENT

**relatif aux conditions de constitution
et de fonctionnement
des compagnies et syndicats d'assurance
contre les accidents
et des syndicats de garantie**
(en application de l'article 27 de la loi).

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,

Vu l'avis du ministre des finances, en date du 5 décembre
1898 ;

Vu la loi du 9 avril 1898 et notamment l'article 27 ainsi
conçu :

« Les compagnies d'assurances mutuelles ou à primes
fixes contre les accidents, françaises ou étrangères, sont
soumises à la surveillance et au contrôle de l'Etat et
astreintes à constituer des réserves ou cautionnements dans
les conditions déterminées par un règlement d'adminis-
tration publique.

« Le montant des réserves ou cautionnements sera affecté
par privilège au paiement des pensions et indemnités.

« Les syndicats de garantie seront soumis à la même
surveillance, et un règlement d'administration publique
déterminera les conditions de leur création et de leur
fonctionnement.

« Les frais de toute nature résultant de la surveillance et
du contrôle seront couverts au moyen de contributions pro-
portionnelles au montant des réserves ou cautionnements
et fixés annuellement, pour chaque compagnie ou associa-
tion, par arrêté du ministre du commerce » ;

Vu le décret du 22 janvier 1868, portant règlement d'administration publique pour la constitution des sociétés d'assurances ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décète :

TITRE PREMIER

Sociétés d'assurances mutuelles ou à primes fixes.

CHAPITRE PREMIER. — *Cautionnements et réserves.*

ARTICLE PREMIER. — Toutes les sociétés qui pratiquent, dans les termes de la loi du 9 avril 1898, l'assurance mutuelle ou à primes fixes contre le risque des accidents de travail ayant entraîné la mort ou une incapacité permanente sont astreintes, pour ce risque, aux dispositions du présent titre.

ART. 2. — Indépendamment des garanties spécifiées aux articles 2 et 4 du décret du 22 janvier 1868 et de la réserve mathématique, les sociétés anonymes d'assurances françaises ou étrangères à primes fixes doivent justifier de la constitution préalable d'un cautionnement fixé d'après des bases que détermine le ministre, sur l'avis du Comité consultatif prévu à l'article 16 ci-après, et affecté, par privilège, au paiement des pensions et indemnités, conformément à l'article 27 de la loi.

ART. 3. — Le cautionnement est constitué, dans les quinze jours de la notification de la décision du ministre, à la Caisse des dépôts et consignations en valeurs énumérées au troisième paragraphe de l'article 8 ci-dessous. Il est revisé chaque année. Les titres sont estimés au cours moyen de la Bourse de Paris au jour du dépôt.

ART. 4. — Le cautionnement est versé au lieu où la société a son siège principal, dans les conditions déterminées par les lois et règlements en vigueur sur la consignation des valeurs mobilières.

Les intérêts des valeurs déposées peuvent être retirés par la société. Il en est de même, en cas de remboursement des titres avec primes ou lots, de la différence entre le prix

de remboursement et le cours moyen à la Bourse de Paris, au jour fixé pour le remboursement de la valeur sortie au tirage.

Le montant des remboursements, déduction faite de cette différence, doit être immédiatement remployé en achat de valeurs visées au troisième paragraphe de l'article 8, sur l'ordre de la société, ou d'office en rentes sur l'Etat, si la société n'a pas donné d'ordres dans les quinze jours de la notification de remboursement faite, sous pli recommandé, par la Caisse des dépôts et consignations.

Il en est de même pour les fonds provenant d'aliénations de titres demandées par la société.

ART. 5. — Les valeurs déposées ou les valeurs acquises en emploi de ces valeurs ne peuvent être retirées que : 1° dans le cas où le cautionnement exigible a été fixé, pour l'année courante, à un chiffre inférieur à celui de l'année précédente, et jusqu'à concurrence de la différence ; 2° dans le cas où la société ayant versé à la caisse nationale des retraites les capitaux constitutifs des rentes et indemnités assurées justifie qu'elle a complètement rempli toutes ses obligations. Dans les deux cas, une décision du ministre du commerce est nécessaire.

ART. 6. — Indépendamment des garanties spécifiées à l'article 29 du décret du 22 janvier 1868, les sociétés d'assurances mutuelles sont soumises aux dispositions des articles 2, 3, 4 et 5 ci-dessus.

Toutefois, le cautionnement qu'elles auront à verser est réduit de moitié pour celles de ces sociétés dont les statuts stipulent :

1° Que la société ne peut assurer que tout ou partie des risques prévus par l'article 3 de la loi du 9 avril 1898 ;

2° Qu'elle assure exclusivement soit les ouvriers d'une seule profession, soit les ouvriers de professions appartenant à un même groupe d'industries, d'après une classification générale arrêtée à cet effet par le ministre du commerce, après avis du Comité consultatif ;

3° Que le maximum de contribution annuelle dont chaque sociétaire est passible pour le paiement des sinistres est au moins double de la prime totale fixée par son contrat pour l'assurance de tous les risques, et triple de la prime partielle déterminée par le ministre du commerce, après avis du

Comité consultatif, pour les mêmes professions et pour les risques définis à l'article 23 de la loi.

ART. 7. — Les sociétés anonymes d'assurances à primes fixes et les sociétés mutuelles d'assurances sont tenues de justifier, dès la deuxième année d'exploitation, de la constitution d'une *réserve mathématique* ayant pour minimum de valeur le montant des capitaux représentatifs des rentes et indemnités à servir à la suite d'accidents ayant entraîné la mort ou une incapacité permanente.

Les capitaux représentatifs sont calculés d'après un barème minimum déterminé par le ministre du commerce après avis du Comité consultatif.

ART. 8. — Le montant de la réserve mathématique est arrêté chaque année, la société entendue, par le ministre du commerce et à l'époque qu'il détermine.

Cette réserve reste aux mains de la société. Elle ne peut être placée que dans les conditions suivantes :

1° Pour les deux tiers au moins de la fixation annuelle, en valeurs de l'Etat ou jouissant d'une garantie de l'Etat ; en obligations négociables et entièrement libérées des départements, des communes et des chambres de commerce ; en obligations foncières et communales du Crédit foncier ;

2° Jusqu'à concurrence du tiers au plus de la fixation annuelle, en immeubles situés en France et en premières hypothèques sur ces immeubles, pour la moitié au maximum de leur valeur estimative ;

3° Jusqu'à concurrence d'un dixième, confondu dans le tiers précédent, en commandites industrielles ou en prêts à des exploitations industrielles de solvabilité notoire.

Pour la fixation prévue au paragraphe 1^{er} du présent article, les valeurs mobilières sont estimées à leur prix d'achat. Si leur valeur totale descend au-dessous de ces prix de plus d'un dixième, un arrêté du ministre du commerce oblige la société à parfaire la différence en titres nouveaux, dans un délai qui ne peut être inférieur à deux ans ni supérieur à cinq ans.

Les immeubles sont estimés à leur prix d'achat ou de revient ; les prêts hypothécaires, les commandites industrielles ou les prêts à des sociétés industrielles, aux prix établis par actes authentiques.

ART. 9. — Si les sociétés visées aux articles 2 et 6 ci-dessus ne font point elles-mêmes le service des rentes et indemnités attribuables aux termes de l'article 3 de la loi du 9 avril 1898 pour les accidents ayant entraîné la mort ou une incapacité permanente de travail et si elles opèrent immédiatement le versement des capitaux constitutifs de ces rentes et indemnités à la Caisse nationale des retraites, il n'y a pas lieu pour elles à constitution de réserve mathématique.

Si ces sociétés versent seulement, dans les conditions susdésignées, une partie des capitaux constitutifs dont il s'agit, leur réserve mathématique est réduite proportionnellement.

CHAPITRE II. — *Surveillance et contrôle.*

ART. 10. — Les sociétés visées à l'article 1^{er} qui assurent d'autres risques que celui résultant de l'application de la loi du 9 avril 1898 pour le cas de mort ou d'incapacité permanente ou qui assurent concurremment un risque analogue dans les pays étrangers doivent établir, pour les opérations se rattachant à ce risque en France, une gestion et une comptabilité absolument distinctes.

ART. 11. — Toutes les sociétés doivent communiquer immédiatement au ministre du commerce dix exemplaires de tous les règlements, tarifs, police, prospectus et imprimés distribués ou utilisés par elles.

Les polices doivent :

1^o Reproduire textuellement les articles 3, 9, 19 et 30 de la loi du 9 avril 1898 ;

2^o Spécifier qu'aucune clause de déchéance ne pourra être opposée aux ouvriers créanciers ;

3^o Stipuler que les contrats se trouveraient résiliés de plein droit dans le cas où la société cesserait de remplir les conditions fixées par la loi et le présent décret.

ART. 12. — Les sociétés doivent produire au ministre du commerce, aux dates fixées par lui :

1^o Le compte rendu détaillé annuel de leurs opérations, avec des tableaux financiers et statistiques annexes dans les conditions déterminées par un arrêté ministériel, après avis du Comité consultatif. Ce compte rendu doit être

délivré par les sociétés intéressées à toute personne qui en fait la demande moyennant paiement d'une somme qui ne peut excéder 1 franc ;

2° L'état des salaires assurés et l'état des rentes et indemnités correspondant au risque spécifié à l'article 1^{er}, ainsi que tous autres états ou documents manuscrits que le ministre juge nécessaires à l'exercice du contrôle.

ART. 13. — Elles sont soumises à la surveillance permanente de commissaires-contrôleurs, sous l'autorité du ministre du commerce, et peuvent être en outre contrôlées par toute personne spécialement déléguée à cet effet par le ministre.

ART. 14. — Les commissaires-contrôleurs sont recrutés, dans les conditions déterminées, par arrêté du ministre du commerce, après avis du Comité consultatif.

Ils prêtent serment de ne pas divulguer les secrets commerciaux dont ils auraient connaissance dans l'exercice de leurs fonctions.

Ils sont spécialement accrédités, pour des périodes fixées, auprès des sociétés qu'ils ont mission de surveiller.

Ils vérifient, au siège des sociétés, l'état des assurés et des salaires assurés, les contrats intervenus, les écritures et pièces comptables, la caisse, le portefeuille, les calculs des réserves et tous les éléments de contrôle propres, soit à établir les opérations dont résultent des obligations pour les sociétés, soit à constater la régulière exécution tant des statuts que des prescriptions contenues dans le décret du 22 janvier 1868, dans le présent décret et dans les arrêtés ministériels qu'il prévoit.

Ils se bornent à ces vérifications et constatations, sans pouvoir donner aux sociétés aucune instruction ni apporter à leur fonctionnement aucune entrave.

Ils rendent compte au ministre du commerce, qui seul prescrit, dans les formes et délais qu'il fixe, les redressements nécessaires.

ART. 15. — A l'aide des rapports de vérifications et des contrevérifications auxquelles il peut faire procéder soit d'office, soit à la demande des sociétés intéressées, le ministre du commerce présente chaque année au Président de la République un rapport d'ensemble établissant la situation de toutes les sociétés soumises à la surveillance.

Il adresse, le cas échéant, à chacune des sociétés, les injonctions nécessaires et la met en demeure de s'y conformer.

ART. 16. — Il est constitué auprès du ministre du commerce un « Comité consultatif des assurances contre les accidents du travail » dont l'organisation est réglée par arrêté du ministre.

Ce Comité doit être consulté dans les cas spécifiés par le présent décret et par les décrets du même jour, rendus en exécution des articles 26 et 28 de la loi du 9 avril 1898. Il peut être saisi par le ministre de toutes autres questions relatives à l'application de ladite loi.

ART. 17. — Le décret du 22 janvier 1868 demeure applicable aux sociétés régies par le présent décret, en toutes celles de ses dispositions qui ne lui sont pas contraires.

ART. 18. — Chaque année avant le 1^{er} décembre, le ministre du commerce arrête, après avis du Comité consultatif, et publie au *Journal officiel* la liste des sociétés mutuelles ou à primes fixes, françaises ou étrangères, qui fonctionnent dans les conditions prévues par les articles 26 et 27 de la loi du 9 avril 1898 et par le présent décret.

ART. 19. — Dès que, après fixation du cautionnement, dans les conditions déterminées par les articles 2 et 6 ci-dessus, chaque société actuellement existante aura effectué à la Caisse des dépôts et consignations le versement du montant de ce cautionnement, mention de cette formalité sera faite au *Journal officiel* par les soins du ministre du commerce, en attendant la publication de la première liste générale prévue à l'article 18.

Il en sera de même ultérieurement pour les sociétés constituées après publication de la liste générale annuelle.

ART. 20. — Les sociétés étrangères doivent accréditer auprès du ministre du commerce et de la Caisse des dépôts et consignations un agent spécialement préposé à la direction de toutes les opérations faites en France pour les assurances visées à l'article 1^{er}. Cet agent représente seul la société auprès de l'administration. Il doit être domicilié en France.

TITRE II

Syndicats de garantie.

ART. 21. — Les syndicats de garantie prévus par la loi du 9 avril 1898 lient solidairement tous leurs adhérents pour le paiement des rentes et indemnités attribuables en vertu de la même loi à la suite d'accidents ayant entraîné la mort ou une incapacité permanente.

La solidarité ne prend fin que lorsque le syndicat de garantie a liquidé entièrement ses opérations soit directement, soit en versant à la Caisse nationale des retraites l'intégralité des capitaux constitutifs des rentes et indemnités dues.

La liquidation peut être périodique.

ART. 22. — Ces syndicats de garantie doivent comprendre au moins 5.000 ouvriers assurés et 10 chefs d'entreprise adhérents, dont 5 ayant au moins chacun 300 ouvriers.

ART. 23. — Le fonctionnement de chaque syndicat est réglé par des statuts qui doivent être soumis, avant toute opération, à l'approbation du Gouvernement.

Il est statué, par décret rendu en Conseil d'Etat, sur le rapport du ministre du commerce, après avis du Comité consultatif des assurances contre les accidents du travail, au vu des statuts souscrits et des pièces justifiant des conditions et des engagements prévus aux articles 21 et 22 ci-dessus.

ART. 24. — Le décret portant approbation des statuts règle :

1° Le fonctionnement de la surveillance et du contrôle, dans des conditions analogues à celles que détermine le chapitre II du titre I^{er} du présent décret.

2° Les conditions dans lesquelles l'approbation peut être révoquée et les mesures à prendre, en ce cas, pour le versement des capitaux constitutifs des pensions et indemnités en cours.

ART. 25. — Les contributions pour frais de surveillance sont fixées d'après le montant du cautionnement auquel

serait astreinte une société d'assurance pour le même chiffre de salaires assurés.

ART. 26. — Le ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes et le ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 28 février 1899.

EMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

*Le ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes,*

PAUL DELOMBRE.

Le ministre des finances,

P. PEYTRAL.

RÈGLEMENT

relatif aux garanties à fournir par un industriel

en cas de cessation d'industrie

(en application de l'article 28, § 3 et 4 de la loi).

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes ;

Vu l'avis du ministre des finances, en date du 2 février 1899 ;

Vu la loi du 9 avril 1898 et notamment les deux derniers alinéas de son article 28 ainsi conçus :

« Lorsqu'un chef d'entreprise cesse son industrie, soit volontairement, soit par décès, liquidation judiciaire ou faillite, soit par cession d'établissement, le capital représentatif des pensions à sa charge devient exigible de plein droit et sera versé à la Caisse nationale des retraites. Ce capital sera déterminé au jour de son exigibilité, d'après le tarif visé au paragraphe précédent.

« Toutefois, le chef d'entreprise ou ses ayants droit peuvent être exonérés du versement de ce capital s'ils fournissent des garanties qui seront à déterminer par un règlement d'administration publique » ;

Vu le décret du 28 février 1899, portant règlement d'administration publique en exécution de l'article 26 de la loi ci-dessus visée, et notamment les articles 22 à 25 dudit décret relatifs à l'exigibilité des capitaux représentatifs des pensions dues en vertu de la loi du 9 avril 1898 ;

Vu le décret du même jour, portant règlement d'administration publique en exécution de l'article 27 de la loi ci-dessus visée et notamment le titre II relatif aux syndicats de garantie prévus par ladite loi :

Le Conseil d'Etat entendu,

Décète :

ARTICLE PREMIER. — Lorsqu'un chef d'entreprise cesse son industrie dans les cas prévus par l'avant-dernier alinéa de l'article 28 de la loi du 9 avril 1898, ce chef d'entreprise ou ses ayants droit peuvent être exonérés du versement à la Caisse nationale des retraites du capital représentatif des pensions à leur charge s'ils justifient :

1° Soit du versement de ce capital à une des sociétés visées à l'article 18 du décret du 28 février 1899, portant règlement d'administration publique en exécution de l'article 27 de la loi ci-dessus visée ;

2° Soit de l'immatriculation d'un titre de rente pour l'usufruit au nom des titulaires de pensions, le montant de la rente devant être au moins égal à celui de la pension ;

3° Soit du dépôt à la Caisse des dépôts et consignations, avec affectation à la garantie des pensions, de titres spécifiés au § 3 de l'article 8 du décret précité. La valeur de ces titres établie d'après le cours moyen de la Bourse de Paris au jour

du dépôt doit correspondre au chiffre maximum qu'est susceptible d'atteindre le capital constitutif exigible par la caisse nationale des retraites. Elle peut être révisée tous les trois ans à la valeur actuelle des pensions, d'après le cours moyen des titres au jour de la révision ;

4° Soit de l'affiliation du chef d'entreprise à un syndicat de garantissant solidairement tous ses membres et garantissant le paiement des pensions ;

5° Soit, en cas de cession d'établissement, de l'engagement pris par le cessionnaire, vis-à-vis du directeur général de la Caisse des dépôts et consignations, d'acquitter les pensions dues et de rester solidairement responsable avec le chef d'entreprise.

ART. 2. — Des arrêtés du ministre du commerce, pris après avis du Comité consultatif des assurances contre les accidents, règlent les mesures nécessaires à l'application du présent décret.

ART. 3. — Le ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes et le ministre des finances sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris le 28 février 1899.

EMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

*Le ministre du commerce, de l'industrie,
des postes et des télégraphes.*

PAUL DELOMBRE.

Le ministre des finances,

P. PEYTRAL.

DÉCRET

**fixant les émoluments des greffiers
de justice de paix
pour tous actes résultant de l'application de la loi
du 9 avril 1898**

(en application de l'art. 29 de la loi).

Le président de la République française,

Sur le rapport du garde des sceaux, ministre de la justice,
Vu l'article 29 de la loi du 9 avril 1898, ainsi conçu :

« Les procès-verbaux, certificats, actes de notoriété, significations, jugements et autres actes faits ou rendus en vertu et pour l'exécution de la présente loi, seront délivrés gratuitement, visés pour timbre et enregistrés gratis lorsqu'il y aura lieu à la formalité de l'enregistrement.

« Dans les six mois de la promulgation de la présente loi, un décret déterminera les émoluments des greffiers de justices de paix pour leur assistance et la rédaction des actes de notoriété, procès-verbaux, certificats, significations, jugements, envois de lettres recommandées, extraits, dépôt de la minute d'enquête au greffe, et pour tous les actes nécessités par l'application de la présente loi, ainsi que les frais de transports auprès des victimes et d'enquête sur place » ;

Le Conseil d'Etat entendu,

Décète :

ARTICLE PREMIER. — Il est alloué aux greffiers des justices de paix :

- 1° Pour assistance aux actes de notoriété, 4 fr. ;
- 2° Pour assistance aux enquêtes sur place, ainsi qu'aux constatations auxquelles il est procédé par le juge de paix, non compris le temps de voyage, pour chaque vacation de trois heures, 4 fr. ;
- 3° Pour assistance à l'ensemble des opérations prévues par le règlement d'administration publique rendu en exécution de l'article 26 de la loi du 9 avril 1898, 2 fr. ;

4° Pour chaque envoi de lettre recommandée, déboursés non compris, 50 centimes ;

5° Pour dépôt de rapport d'expert ou de pièces, 2 fr. ;

6° Pour transmission de l'enquête au président du Tribunal, tous frais de port compris, 4 fr. ;

7° Pour toute mention au répertoire, 10 centimes ;

8° Pour transport à plus de 2 kilomètres du chef-lieu du canton, par kilomètre parcouru, en allant et en revenant, si le transport est effectué par chemin de fer, 20 centimes ; si le transport a eu lieu autrement, 40 centimes.

ART. 2. — Le garde des sceaux, ministre de la justice, est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 5 mars 1899.

EMILE LOUBET.

Par le Président de la République :

Le garde des sceaux, ministre de la justice,

GEORGES LEBRET.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

AU 15 AVRIL 1899

- Adenet**, ingénieur aux Aciéries d'Imphy, à Imphy (Nièvre).
- Administration** des mines et usines de Faymoreau (Vendée).
- Aerts** (L.), négociant en métaux, fers, fontes et ferronneries, 137, rue Saint-Dizier, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Agniel** (S.), agent général de la Compagnie de Vicoigne et Nœux, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Aguillon** (LOUIS) (O ✱), inspecteur général des mines, 71, rue du Faubourg Saint-Honoré (Paris).
- Alayrac** ✱, ingénieur civil des mines, 21, rue d'Amiens, à Arras (Pas-de-Calais).
- Albran** (PAUL), directeur des mines du Laurium, 22, rue de Constantinople, Paris.
- Alexis** (AMBROISE), ingénieur civil, 331, rue Paradis, Marseille.
- Allemand** (GEORGES), ingénieur aux mines des Bormettes, à Cogolin (Var).
- Allimand** (F.), ingénieur civil, 6, quai Fleurdelix, à Rive-de-Gier (Loire).
- Amiot** ✱, ingénieur en chef des mines, attaché à la direction de l'Exploitation des Chemins de fer P.-L.-M., 4, rue Weber, près la porte Maillot, Paris.
- Andersen** (CARL), ingénieur civil, Mammoth, Arizona (Etats-Unis).
- Angelvy**, ingénieur principal des mines de la Tafna, département d'Oran (Algérie).
- Anglès Dauriac**, ingénieur des mines à Moulins (Allier).
- Antoine**, industriel, 42, rue Princesse, à Lille (Nord).
- Arandarenko** (WLADIMIR), ingénieur aux mines de la Dombovala Balka, par Krivoi-Rog, gouvernement de Kherson (Russie Méridionale).
- Arbel** (LUCIEN) (O ✱), maître de forges, à Rive-de-Gier (Loire).
- Ardizzone** (CH.), ingénieur, chef de service des mines et Aciéries de Longwy, à Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).
- Aresten**, ingénieur, directeur des mines du Bois-d'Asson, par Volx (Basses-Alpes).
- Armand** (ULBERT), propriétaire des mines de Valdonne, 11, rue Lafond à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Arnaud** (VITAL), ingénieur civil, à Vernaison (Rhône).
- Assénat** (EMILE), ancien Elève de l'Ecole des mineurs d'Alais, chef de service à « The Constantine phosphate Company limited » Djebel Kenif, par Tébessa (Algérie).

- Astier**, ingénieur aux mines de Gagnières (Gard).
- Aubert**, ingénieur au Corps des mines, à Amiens (Somme).
- Audemar** (HENRI), ingénieur-constructeur, à Fouchérans, près Dôle (Jura).
- Audojer** (LOUIS), géomètre aux mines de Gagnières (Gard).
- Aulanier**, ingénieur civil, 25, rue Claude-Delaroa, Saint-Etienne.
- Autissier** (ALEXANDRE), ingénieur-directeur-gérant des ardoisières de Rochefort-en-Terre (Morbihan).
- Auvergne**, ingénieur, chef de Bureau de l'ingénieur en chef des mines à Alger (Algérie).
- Auzépy** (PAUL), ingénieur-directeur des mines des Malines, à Ganges (Hérault).
- Babu**, ingénieur au Corps des Mines, directeur-adjoint de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, 47, rue de la République, Saint-Etienne.
- Badin** (ADRIEN), professeur à l'Ecole des maîtres-mineurs d'Alais (Gard).
- Badiou**, entrepreneur de travaux publics, 1, rue Cugnot, Saint-Etienne.
- Baer** (MAURICE), ingénieur, 13, rue Lafayette, à Paris.
- Bague**, directeur des mines de Cherbinofka, station de Pétrovskaja du Kursk-Karkoff, Sébastopol, gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie Méridionale).
- Bailloud** (CLAUDE), ingénieur, 106, avenue de Villiers, Paris.
- Baille** (MARTIN), ingénieur aux mines de la Grand'Combe (Gard).
- Bally**, ingénieur divisionnaire aux mines de Marles, à Auchel (Pas-de-Calais).
- Baissac** (AUGUSTE), ingénieur des mines de Gouhenans (Haute-Saône).
- Bajard** (ANT.), ingénieur, rue Boïeldieu, 4, à Béziers (Hérault).
- Balas** (A.), ingénieur civil rue Varvarins Kaja, 19, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Balazuc**, ingénieur à la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer (Saint-Chamond).
- Baldeyrou**, ingénieur civil, 140, rue de France, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Balleydier**, ingénieur à Montluçon (Allier).
- Balzola** (VALERIANO), Calle de la Paz, 1, à Bilbao.
- Banquart**, ingénieur civil des mines, aux mines de Lens, à Liévin (Pas-de-Calais).
- Bar**, ingénieur en chef des mines de Courrières, à Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Barachon** (J.-B.), ingénieur-directeur des hauts-fourneaux de Neuves-Maisons, à Pont-Saint-Vincent (Meurthe-et-Moselle).
- Baraige** (A. C.), ingénieur civil des mines, à Saint-Priest, par Saint-Etienne.
- Barbier** (E.-J.), industriel, 19, rue Louis-le Grand, Paris.
- Barbier** (B.), ingénieur, directeur des mines de Routchenko, à Routchenkovo, gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie).
- Bardier** (MAURICE), ingénieur civil des mines, rue de la Gare, Auxerre (Yonne).

- Bardon** (GUSTAVE), ingénieur conseil de la Compagnie des mines, fonderies et forges d'Alais, 110, boulevard de Longchamp, à Marseille.
- Baretta**, ingénieur, ancien directeur des mines de Beaubrun, 27, cours Victor-Hugo, à Saint-Etienne.
- Barlet** (H.), ingénieur honoraire des mines, à Montéguee, près Liège (Belgique).
- Barralon** (A.), ingénieur aux houillères de Montrambert et de la Béraudière, près Saint-Etienne.
- Barrault**, ingénieur aux mines de la Grand'Combe, à Saint-Jean-de-Valérisclé (Gard).
- Barrillon** (LÉON), ingénieur-directeur aux mines d'Aniche, à Aniche (Nord).
- Barry** (SIMÉON), ingénieur aux mines d'Anzin, à Denain (Nord). -
- Barthélemy**, ingénieur, directeur divisionnaire aux mines d'Anzin, à Saint-Waast-le-Haut (Nord).
- Basiaux**, directeur des bouteilleries du Donetz à Konstantinovka, gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie Méridionale).
- Bastide** (JULES), ingénieur civil des mines, 13, boulevard de Courcelles, à Paris.
- Batault** (LÉON), directeur général de la Société de la Grande Tuilerie de Bourgogne, à Montchanin (Saône-et-Loire).
- Batut** (F.), ingénieur, agent commercial de la Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy, 9, rue Francis-Garnier, à Saint-Etienne (Loire).
- Baudot** (FRANÇOIS), ingénieur, directeur de la Compagnie des mines de Saint-Gervais, 2, rue de l'Oratoire, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Baudot** (PHILIBERT), ingénieur à la Compagnie des mines d'Anzin, à Denain (Nord).
- Baudrand**, ingénieur divisionnaire aux mines de la Grand'Combe (Gard).
- Baumann** (ALBERT), ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de l'usine de plomb argentifère de l'Escalette, Madrague-de-Montredon, banlieue de Marseille.
- Baure** ✱, ingénieur, château de Pramenoux, par Lamure-sur-Azergues (Rhône).
- Bayle** (C.) ✱, directeur du service commercial de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, à Montluçon (Allier).
- Bayle** (PAUL), ingénieur-directeur des mines et usines de la Société Lyonnaise, à Autun (Saône-et-Loire).
- Bazire**, sous-chef de la division des combustibles de la Compagnie P.-L.-M., gare de Lyon, à Paris.
- Beau**, ingénieur aux mines de la Grand'Combe, à La Levade (Gard).
- Beau** (PAUL), ingénieur principal de la Société d'Héraclée, à Constantinople (Turquie).
- Beauverlie**, ingénieur de la Société métallurgique et minière de l'Indo-Chine, à Haiphong (Tonkin).

- Beaudrey**, ingénieur aux houillères de Saint-Eloy (Puy-de-Dôme).
- Bedel** (CAMILLE), maître de forges, à La Bérardière, Saint-Etienne.
- Beer** (Maison), ateliers de constructions mécaniques, à Jemeppe-lez-Liège (Belgique).
- Béguin** (GEORGES), ingénieur civil des mines, 12, place Carnot, Lyon.
- Bel** (J.-MARC), ingénieur civil des mines, ancien élève de l'Ecole polytechnique, 4, place Denfert-Rochereau, Paris.
- Bélanger** (CHARLES), ancien directeur des mines d'anthracite de Saint-Symphorien-de-Lay, à Lay (Loire).
- Bellenger**, ingénieur, 38, rue des Fossés, à Lille (Nord).
- Benoît** (FLEURY), ingénieur à Bourbouillon, près Rive-de-Gier (Loire).
- Benoist** (PAUL), ingénieur civil des mines, Apartado, 34, à Bilbao (Espagne).
- Bergaud**, directeur de l'Administration française des fours à coke de la Société Solvay et C^e, 3, rue de la Station, à Douai (Nord).
- Bergerat** (ARMAND), ingénieur des Arts et Manufactures, ingénieur aux mines de Lens, à Lens (Pas-de-Calais).
- Bernard** (F), ingénieur civil des mines, 11, rue de la Préfecture, Saint-Etienne (Loire).
- Berne**, ingénieur du matériel de la Société des Houillères de Saint-Etienne, à Saint-Etienne (Loire).
- Bertharion** (ANTOINE), contrôleur des mines, à Alais (Gard).
- Berthier** (J.), ingénieur principal de la Compagnie Royale asturienne des mines, 2, rue d'Angleterre à Tunis (Tunisie).
- Bessard**, ingénieur civil des mines, 45, boulevard de Lonchamp, à Marseille.
- Besset**, administrateur de la Société des Forges et Aciéries de Huta-Bankowa et de la Société des forges du Donetz, 27, rue de la Bastille, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Bessy** (G.), ingénieur aux Houillères du Creusot (Saône-et-Loire).
- Bessy** (JULES), ingénieur des ateliers des mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Bethenod**, administrateur de la Société des Houillères de Saint-Etienne, à Montbressieu, près Rive-de-Gier (Loire).
- Budin** (G.), ingénieur civil, 8, rue Blanche, Paris.
- Butter** (FRÉDÉRIC), ingénieur aux Forges et Aciéries de Saint-Etienne.
- Biehler** (LOUIS), ingénieur chez M. Drevet, à Saint-Paul-en-Jarez (Loire).
- Biéatrix** (V.), *, gérant de la Société V. Biéatrix et C^e, à la Chaleassière, Saint-Etienne.
- Biguet** (CHARLES), ingénieur aux mines de Brassac, à Brassac-les-Mines (Haute-Loire).
- Bihet**, ingénieur-directeur des ateliers de construction de la Société des Produits, à Flénu (Belgique).
- Billy** (de), ingénieur au Corps des mines, 73, rue de Courcelles, Paris.
- Binachon** (J.), *, ingénieur-directeur des usines de Pont-Salomon (Haute-Loire).

- Biver** (CHARLES), directeur technique de la Société des mines de houille de la Clarence, à Colonne-Ricouard (Pas-de-Calais).
- Blanc** (E.), ingénieur.
- Blanc** (HENRI), ingénieur de la Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, à Ludres (Meurthe-et-Moselle).
- Blanc**, ingénieur de la maison Guitton et C^e, 1, rue Badouillère, Saint-Etienne.
- Blanchard** (CAMILLE), ingénieur honoraire des mines, secrétaire général de la Société générale des chemins de fer économiques, 36, rue de Pascale, à Bruxelles (Belgique).
- Bloch** (L), ✱, ingénieur civil, à Mostaganem (Algérie).
- Bodard** (JOSEPH), constructeur-mécanicien (Spécialité de matériel de mines), à Commentry (Allier).
- Boeking** (RODOLPHE), propriétaire de la fonderie de Brebach, près Sarrebruck (Prusse Rhénane).
- Boingrolier (de)** (JOSEPH), ingénieur aux fonderies de Mazières, près Bourges (Cher).
- Boisseau**, agent commercial des mines de l'Escar pelle (Nord).
- Boisset-Glassac (de)** (ALFRED), secrétaire général de la Compagnie des mines de Blanzy, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Boissières** (ALFRED), ingénieur de la Compagnie parisienne du gaz, 124, boulevard Magenta, à Paris.
- Boissieu (de)** (JULES), ingénieur, 40, avenue de Noailles, Lyon (Rhône).
- Bollaert** (FÉLIX), inspecteur commercial de la Compagnie des mines de Lens, à Lens (Pas-de-Calais).
- Boniver** (J.), ingénieur belge, à Laar, près Ruhrort (Prusse Rhénane).
- Bonjour** (P.), ingénieur divisionnaire aux mines de La Malafolie, près Firminy (Loire).
- Bonnel** (HENRI), ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de la manufacture de glaces de la Compagnie de Saint-Gobain, Chaun'y et Cirey, à Montluçon (Allier).
- Bonnes** (F.), contrôleur des mines, à Alais (Gard).
- Bonnet** (GAËTAN), ingénieur manufacturier, 13, rue de l'Arsenal, Paris.
- Bonnevay**, ingénieur aux mines de La Grand'Combe (Gard).
- Bonneville (de)** (RÉGIS), ingénieur civil des mines, 9, rue de la Visitation, Saint-Etienne.
- Bonnote**, directeur des mines de Saint-Bérain, par Saint-Léger-sur-Dheune (Saône-et-Loire).
- Bonvillain**, ingénieur, 6, rue Blanche (Square de la Trinité), Paris.
- Bornet**, ingénieur des Arts et Manufactures, rue Saint-Ferdinand, 10, Paris.
- Borrel** (GASTON), chef géomètre aux mines de Bouxhors, par Brassac-les-Mines (Puy-de-Dôme).
- Botton**, administrateur directeur de la Société des ciments Portland artificiels du Charolais, à Palinges (Saône-et-Loire).
- Bouchacourt** (HIPPOLYTE), directeur général de la Société métallurgique de l'Oural-Volga, à Tsaritsyne, gouvernement de Saratoff (Russie).

- Bouchez**, ingénieur aux mines de Béthune, à Cambrin (Pas-de-Calais).
- Bouchut** (LÉON), ingénieur aux mines de Montrambert (Loire).
- Boudinhon**, ingénieur à Saint-Chamond (Loire).
- Boudouresque**, ingénieur aux mines métalliques de Villefranche (Aveyron).
- Boulanger** (MAURICE), ingénieur.
- Bouquerot** (GASTON), ingénieur, 15, rue Albanie Saint-Gilles, Bruxelles (Belgique).
- Bouriez** (JULES), chef de service commercial des mines de Ligny-Aire, à Estrée-Blanche (Pas-de-Calais).
- Bouroz** (AUGUSTE), ingénieur directeur de la mine d'Ekatérinowka, station de Krinitchnaïa, chemin de fer de Catherine (Russie Méridionale).
- Bousquet** (G.), ingénieur E. C. P., inspecteur des mines de la République Sud-Africaine, délégué de la Chambre des mines de la République Sud-Africaine à l'Exposition de 1900, 9, rue Boudreau, Paris.
- Boutan** (EDM.), *, ingénieur en chef des Mines, 64, rue Montceau, Paris.
- Bouteille** (PAUL), ingénieur principal des mines de La Péronnière (Loire).
- Boutonnet** (HENRI-JEAN), ingénieur à la fonderie d'antimoine Berthier et C^e, Pasaje de la Ténéria, Pueblo nuevo, à Barcelone (Espagne).
- Boutonnet** (J.-M.), chef de service du chemin de fer des Houillères, à Commentry (Allier).
- Boutonnet** (HENRI-GILBERT), sous-ingénieur de la Houillère de Montvicq, à Montvicq (Allier).
- Bouvier** (HENRI), ingénieur-directeur des mines d'anthracite de La Mure, à La Motte d'Aveillans (Isère).
- Bovio** (J.), ingénieur aux mines de Douchy (Nord).
- Boyer** (GUSTAVE), ingénieur de la Compagnie d'Alais, au Martinet (Gard).
- Braly** (ADRIEN), ingénieur-directeur de la Société métallurgique et industrielle du Caucase, à Tiflis (Caucase).
- Braure** (GUSTAVE), ingénieur aux mines de l'Escarpelle, à Laforest (Pas-de-Calais).
- Brérault** (A.), ingénieur civil des mines, 36, rue de la République, Saint-Etienne.
- Bresson** (G.), ingénieur civil des mines, 3, rue de Stockolm, Paris.
- Bresson** (LOUIS), ingénieur en chef des travaux du jour à la Société des mines de Vicogne et Nœux, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Breton** (LUDOVIC), ingénieur-directeur de la Compagnie du chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre, 18, rue Royale, à Calais (Pas-de-Calais).
- Breton**, ingénieur de la Compagnie des mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Brice**, ingénieur, 159, rue de la Pompe, Paris.
- Brichaux** (LOUIS), directeur de la Maison Pyman Watson et Compagnie, propriétaire des mines « Oriental Merthyr », à Cardiff, 13, boulevard Pèreire, Paris.

- Bronne**, ingénieur, constructeur-mécanicien, rue Darchis, 40, à Liège (Belgique).
- Brosse**, ingénieur principal des mines d'Epinaç (Saône-et-Loire).
- Broyet** (Maison), constructeurs à Bérard, Saint-Etienne.
- Brüll** (ACHILLE), ancien président de la Société des ingénieurs civils, 117, boulevard Malesherbes, Paris.
- Brun** (PROSPER), ingénieur divisionnaire de la Compagnie houillère de Bessèges, à Molières-sur-Cèze (Gard).
- Brun**, ingénieur, place Saint-Pierre, à Vienne (Isère).
- Brustlein** (A.) ✱, ingénieur-directeur des usines Jacob Holtzer et C^e, à Unieux (Loire).
- Buchet**, agent général des mines d'Ostricourt (Nord).
- Buisson** (CHRISTOPHE), ingénieur-directeur des houillères de Commentry (Allier).
- Buisson** (CLAUDE), ingénieur principal des mines de Montrambert et la Béraudière, à La Ricamarie (Loire).
- Bureau** (JOSEPH), ingénieur aux mines d'Albi (Tarn).
- Burthe** (PH.), ingénieur civil des mines, 9, rue Montaigne, Paris.
- Busquet**, ingénieur-directeur des mines de Decize (Schneider et C^e), à La Machine (Nièvre).
- Cabassut** (EMILE), ingénieur aux mines d'Aniche (Nord).
- Cabon** (L.), ingénieur aux mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron).
- Cacarrié**, docteur en médecine, 17, rue de la Sous-Préfecture, à Roanne (Loire).
- Catillot**, ingénieur des ateliers, à Decazeville (Aveyron).
- Caldaya** (CH.), ingénieur civil, 10, rue du Ren-part-Saint-Etienne, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Cambessédès**, professeur à l'Ecole des Maîtres-Mineurs, à Douai (Nord).
- Cambray**, ingénieur principal de la Société Lyonnaise des Schistes bitumineux, à Autun (Saône-et-Loire).
- Camus**, ingénieur des travaux extérieurs de la C^e des mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron).
- Carle** (C.), ingénieur civil des mines, à Aubagne (Bouches-du-Rhône).
- Carnat**, ingénieur aux mines de Bruay (Pas-de-Calais).
- Carnot** (A), ✱, inspecteur de l'Ecole Supérieure des mines, 60, boulevard Saint-Michel, à Paris.
- Carrière** (HONORÉ), à Wizernes (Pas-de-Calais).
- Carteron**, ingénieur aux mines de Thivencelles (Nord).
- Cartoux**, ingénieur aux Forges de Mazières, près Bourges (Cher).
- Castanlié** (ERNEST) ✱, directeur des mines de fer de Soumah et la Tafna, 6, rue d'Orléans, à Oran (Algérie).
- Castanier** (GASTON), ingénieur à Genolhac (Gard).
- Castanier** (FERNAND), directeur général des mines et usines d'or de San Bartolo, à Copala (Sinaloa) Mexique.
- Castel** O ✱, inspecteur général des mines, 72, cours de Vincennes, Paris.
- Castellau**, ingénieur, 33, rue Nationale, à Roanne (Loire).

- Catelin (de)**, ingénieur des Comptoirs de MM. Derow, à Porladar (Sibérie).
- Catrice** (HENRI), industriel à Arras (Pas-de-Calais).
- Cazaban**, ingénieur aux mines de Ligny-lez-Aire, par Estrée-Blanche (Pas-de-Calais).
- Cerner (de)**, sous-directeur des mines de Mokta-el-Hadid, près Bône (Algérie).
- Cervello** (ANTONINO), ingegnere, via Torremuzza, 36, à Palerme (Sicile).
- Chabaud** (GASTON), ingénieur divisionnaire aux mines de Carmaux (Tarn).
- Chadefaux ***, ancien directeur des hauts-fourneaux de Denain, à Anzin (Nord).
- Chadefaux** (MARCEL) *, ingénieur-directeur des forges de Gueugnon (Saône-et-Loire).
- Chagot et C^{ie}**, administrateurs des mines de Blanzy, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Chaillet**, ingénieur aux mines de Carvin (Pas-de-Calais).
- Chaine**, ingénieur civil, directeur de la Société Française du matériel agricole et industriel, à Vierzon (Cher).
- Chaine**, ingénieur aux mines de Perrecy, à Perrecy-les-Forges (Saône-et-Loire).
- Chalierne**, ingénieur, chef de service des mines de Roche-la-Molière, par Firminy (Loire).
- Chalmeton** (F.) *, administrateur-directeur de la Compagnie houillère de Besèges, 17, rue Jeanne-d'Arc, à Nîmes (Gard).
- Chalmeton** (PAUL) *, ingénieur au château d'Arifat, près Castres (Tarn).
- Chambon**, ingénieur aux mines de Sain-Bel (Rhône).
- Chamboredon** (ERNEST), ingénieur aux mines de Tabarka (Tunisie).
- Chambre de Commerce** de Saint-Etienne.
- Chambure (de)**, ingénieur civil des mines, ingénieur aux mines de Lens, à Loos en Gohelle, par Lens (Pas-de-Calais).
- Champligny**, ingénieur civil des mines, 11, rue de Berne, à Paris.
- Champy**, ingénieur au Corps des mines à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Chamussy** (LÉON), ingénieur-directeur-gérant de la Société des mines de manganèse de Saône-et-Loire, Rhône et Allier, à Romanèche (Saône-et-Loire).
- Chanial**, ingénieur à la Compagnie électrique de la Loire, 14, rue du Treuil, Saint-Etienne.
- Chausselle**, ingénieur, à Saint-Etienne, 48, rue de la Préfecture.
- Chantiers de la Muire**, à Lyon.
- Chapoteau**, à Sermoise, près Nevers (Nièvre).
- Chapoton** (J.), ingénieur aux mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron).

- Chapuy**, ingénieur au Corps des mines, directeur général de la Compagnie royale des chemins de fer Portugais, à Lisbonne (Portugal).
- Charentenay (de)** (LÉON), ingénieur aux mines de Lamure, à La Motte-d'Aveillans (Isère).
- Charles-Messaue**, ingénieur civil des Mines, 22, rue d'Avéjan, à Alais (Gard).
- Charlon (E.)**, ingénieur civil, 25, rue Pierre-Dupré, Marseille
- Charoussat**, directeur des mines de la Péronnière, à Grand-Croix (Loire).
- Charpentier**, ingénieur civil des mines, secrétaire de la Chambre houillère du Nord et du Pas-de-Calais, 12, boulevard Montebello Lille.
- Charpy**, ingénieur de la Société de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons, à Montluçon (Allier).
- Charra J.**, directeur de « The Franco-Australian exploration C^t Limited » Box 241 PO Coolgardie (Western-Australia).
- Charreton**, ingénieur aux mines de Rochebelle, par Alais (Gard).
- Charrier (JULES)**, ingénieur civil, ancien élève de l'Ecole des Mines de Paris, à Paulhaguet (Haute-Loire).
- Charvet**, ingénieur à la Compagnie Houillère de Rochebelle, usine de Tamaris (Gard).
- Charvet (HENRI)**, ingénieur civil, 5, place Marengo, Saint-Etienne.
- Chastel**, ingénieur principal des mines de Belmez, à Penarroya, province de Cordoue (Espagne).
- Chastelala (A.)**, ingénieur de la Société de fonçages Kind et Chaudron, à Figeac (Lot).
- Chaudron**, ingénieur en chef honoraire des mines de Belgique, à Anderghem, près Bruxelles (Belgique).
- Chaumier (J.-B.)**, contrôleur des mines, 6, boulevard Arago, à Paris.
- Chauvet (CHARLES-ARSENE)**, ingénieur civil, licencié en droit, 59, boulevard Victor-Hugo, à Béthune (Pas-de-Calais).
- Chavanis**, ingénieur civil, 17, rue de la République, Lyon.
- Chavanne (IRÉNÉE)**, constructeur-mécanicien, rue Jeanne-d'Arc, à Saint-Chamond (Loire).
- Chef d'exploitation du gaz et des hauts-fourneaux de Marseille.**
- Chenet (H.)**, ingénieur directeur des houillères et verreries de Mègecoste par Sainte-Florine (Haute-Loire).
- Chesneau ***, ingénieur au Corps des mines, professeur à l'Ecole nationale des mines, 18, rue des Pyramides, Paris.
- Chevalier**, libraire, 4, rue Gérentet, Saint-Etienne (Loire).
- Chevaller (EMILE)**, ingénieur-constructeur du matériel des chemins de fer, 65, quai de Grenelle, Paris.
- Chevallier (L.)**, ingénieur civil des mines, directeur de la Société des mines de Kassandra (Macédoine), Salonique, Turquie.
- Cholat ***, administrateur délégué des fonderies, forges et aciéries de Saint-Etienne, 19, rue Gambetta, à Saint-Etienne.

- Chomienne** (PAUL), ingénieur civil, chez M. Michallet, fabricant de produits réfractaires, à Lorette (Loire).
- Chosson** ✱, ingénieur en chef au Corps des mines, 8, rue Margueritte, Paris.
- Clair**, constructeur-mécanicien, rue de Lyon, Saint-Etienne.
- Clamens** (J.-B.), ingénieur, 1, avenue de Versailles, Paris.
- Claudon et Cie**, maîtres de forges au Chambon-Feugerolles (Loire).
- Clavelly** (V.), ingénieur en chef des houillères d'Aubin, à Aubin (Aveyron).
- Clerc** (FRANÇOIS), ingénieur civil, 38, rue du Bac, Paris.
- Clermont**, ingénieur civil des mines, 3, rue de la Bourse, Saint-Etienne (Loire).
- Cluzel** (JAMES), ingénieur, 17, rue Cité-Foulc, à Nîmes (Gard).
- Cohade**, ingénieur aux mines du Creusot (Saône-et-Loire).
- Coignet** (F.), ingénieur civil, 40, rue Michelet (Saint-Etienne).
- Colace** ✱, ingénieur en chef au Corps des mines, 31, place Saint-Ferdinand, les Termes, Paris.
- Coingt** (EDGARD), ingénieur, Grande Rue, Saint-Mandé (Seine).
- Collette**, ingénieur, ancien élève de l'Ecole Polytechnique et de l'Ecole des Mines, 95, rue Brûle-Maison, à Lille.
- Collignon** (FÉLIX), directeur de l'usine à zinc d'Auby, pour la Compagnie royale asturienne des mines, à Auby (Nord).
- Combalo**t, ingénieur aux mines de Decazeville (Aveyron).
- Combe**, ingénieur représentant la Compagnie des quatre mines réunies de Graissessac, avenue de la Gare, à Perpignan (Pyrénées-Orientales).
- Combeau** (E.), inspecteur de la Compagnie P.-L.-M. (division des combustibles), à Monthieu, près Saint-Etienne.
- Comité** des houillères de Saint-Etienne.
- Compagnie** de Fives-Lille, 64, rue Caumartin, Paris.
- Compagnie** des fonderies et forges de l'Horme (Loire).
- Compagnie** des mines de Vicoigne et Nœux, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Compagnie** des mines de Carmaux (Tarn).
- Compagnie** française des mines du Laurium, 27, rue Laffite, Paris.
- Compagnie** houillère de Ferfay, à Auchel (Pas-de-Calais).
- Compagnie** des mines de Dourges, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Compagnie** des Mines du Boléo, 56, rue de Provence, à Paris.
- Conte** (J.), ingénieur aux mines de Bruay (Pas-de-Calais).
- Coppée** (EVENCE), ingénieur-constructeur, boulevard d'Anderlecht, à Bruxelles (Belgique).
- Corbières**, ingénieur, l'un des administrateurs délégués des Plâtrières de Savoie, à Saint-Jean-de-Maurienne (Savoie).
- Cordier** (EDMOND), ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de l'usine des produits chimiques de la Compagnie de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, à Balaruc-les-Bains, près Cette (Hérault).

- Cordier**, contrôleur de fabrication du matériel de la Compagnie P.-L.-M., à Alais (Gard).
- Coria** (F.), ingénieur, sous-directeur de l'usine de Biache-Saint-Vaast, par Vitry-en-Artois (Pas-de-Calais).
- Cornesse** (F.), ingénieur chef du service de la forge du Creusot (Saône-et-Loire).
- Cornuault** (EMILE) ✱, directeur de la Compagnie du gaz et des hauts-fourneaux de Marseille et des mines de Portes, administrateur des mines de Dourges, 6, rue Le Peletier, à Paris.
- Cossange**, professeur à l'Ecole des Maîtres-Mineurs d'Alais (Gard).
- Coste**, ingénieur au Corps des mines, 47, rue de la République, à Saint-Etienne.
- Coste** (LOUIS), ingénieur aux mines de Belmez, à Belmez (Compagnie des chemins de fer andalous), Espagne.
- Cossat-Dubrille** (EDOUARD) fils, ingénieur-constructeur, fabricant de lampes de sûreté, 3, rue de Toul, à Lille (Nord).
- Couchoud** (ANTONIN), ingénieur-directeur de la Compagnie houillère de Rive-de-Gier, La Grand'Croix (Loire).
- Condere** (HENRI), ingénieur des mines de Prades, Niègls et Sumène, à La Chastagnère, par Pont-de-Labeaume (Ardèche).
- Conchal** (P.-G.), ingénieur en chef des Forges et Ateliers de la Chaléassière, à Saint-Etienne.
- Coureau** (C.), ingénieur chef du service des aciéries du Creusot (Saône-et-Loire).
- Couriot**, professeur du cours d'exploitation des mines, à l'Ecole Centrale, 3, rue de Logelbach, à Paris.
- Courtin** (A.), ingénieur, chef du service des mines de la Société anonyme de Commentry-Fourchambault, 28, rue Barbet-de-Jouy, à Paris.
- Courtin**, agent commercial de la Compagnie de Liévin, à Lens (Pas-de-Calais).
- Courtin** (P.), administrateur des mines de Liévin, à Avion, près Lens (Pas de-Calais).
- Courtin** (HENRI), directeur de la Société générale des eaux de Barcelone, Paseo de Gracia, 52, à Barcelone (Espagne).
- Courtois**, ingénieur de la Compagnie asturienne, à Auby-lez-Douai (Nord).
- Coutrot** (HENRI), ingénieur civil des mines, 14, rue Brémontiers, Paris.
- Craponne** (LOUIS), ingénieur aux mines de Marles (Pas-de-Calais).
- Crédit Lyonnais** (service des études financières), 19, boulevard des Italiens, Paris.
- Cros** (JOSEPH), ingénieur de la Société de Hüta-Bankowa, à Dombrowa (Pologne Russe).
- Crozet** (EMILE), ingénieur-constructeur, au Chambon-Feugerolles (Loire).
- Cuchet** (LÉON), ingénieur aux mines de Blanzy, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Cuchet**, ingénieur aux mines de Decize, à La Machine (Nièvre).
- Cunat** (CHARLES), ingénieur civil des mines, 28, rue d'Enghien, Lyon.

- Carrières de Castelnau (de) ***, ingénieur en chef au Corps des mines, 15, avenue Bosquet, Paris.
- Cuvelette**, ingénieur au Corps des mines, à Alais (Gard).
- Dalzon (AIME)**, ingénieur de la Compagnie des Aciéries de la marine et des chemins de fer, aux usines de Saint-Chamond (Loire).
- Damon**, ingénieur aux mines de Brassac (Puy-de-Dôme).
- Danis**, ingénieur aux Mines de la Loire, Saint-Etienne.
- Dantin (JEAN)**, fabricant de minium de fer et dérivés, à Privas (Ardèche).
- Danton (D.)**, ingénieur civil des mines, ancien juge de paix de Saumur, fondateur des mines de fer de l'Anjou, 6, rue du Général-Henrion-Berthier, Paris.
- Darcy**, président du Comité des Houillères de France, 55, rue de Châteaudun, Paris.
- Dardalhou**, chef de service de The Constantine phosphates Company limited, à Djebel Kouif par Tebessa (Algérie).
- Darodes (GEORGES)**, ancien élève des Ecoles polytechnique et des mines, sous-directeur de la Compagnie des mines de la Grand'Combe, à la Grand'Combe, Levade (Gard).
- Darphin (PIERRE)**, ingénieur aux mines d'Anzin, à Bruay-Thiers (Nord).
- Dauphin**, ingénieur aux aciéries d'Imphy (Nièvre).
- Davalne**, constructeur à Saint-Amand-les Eaux (Nord).
- David**, ingénieur à l'arsenal de Fou-Tchéou (Chine).
- Davy**, ingénieur, chef de service de la Société des aciéries, hauts-fourneaux et forges de Trignac, à Châteaubriant (Loire-Inférieure).
- Deyras (EDMOND)**, ingénieur au service des mines de la Société de Commentry-Fourchambault, 82, rue de Montceau, à Paris.
- Debauche (H.)**, ingénieur en Russie.
- Debleki (M.)**, ingénieur, fabricant de produits chimiques, à Hennebont (Morbihan).
- Decemond (EMILE)**, ingénieur au Bosc-sur-Ardoux, par Sarras (Ardèche).
- Decorps (ALEXANDRE)**, secrétaire du directeur général de la Société de Commentry-Fourchambault, 16, place Vendôme, Paris.
- Decout (LOUIS)**, ingénieur aux mines d'Anzin, à Denain (Nord).
- Defaix (JOSEPH)**, ingénieur aux mines de Kébao, près Hai-Phong (Tonkin).
- Déflasseux (B.)**, ingénieur, maître de forges, rue du Plâtre, à Rive-de-Gier (Loire).
- Déganges (ARTHUR)**, directeur de la Société Ardoisière de la Renaissance, à Fumay (Ardennes).
- Dégoutin**, ingénieur civil, à Gondrecourt-Aix (Meurthe-et-Moselle).
- Déjardin (LOUIS)**, ingénieur en chef des mines de Belgique, directeur du Ministère de l'Industrie et du Travail, à Bruxelles (Belgique).
- Delafond, O ***, inspecteur général des Mines, 108, boulevard Montparnasse, Paris.
- Delafosse (LÉON)**, ingénieur divisionnaire aux mines de Tréllys, au Martinet (Gard).
- Delas (JEAN)**, agent commercial des houillères de Champagnac, cours Sablon, 39, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).

- Delaval** (LOUIS), ingénieur civil, 13, avenue de la Grande-Armée, à Paris.
- Delay**, ingénieur, chef de service à l'usine du Boucau, près Bayonne (Basses-Pyrénées).
- Del Boca**, ingénieur civil des mines, 5, rue Scribe, Paris.
- Delcroix** (F.), de la maison Delcroix frères et C^e, 5, rue de la Station, à Douai (Nord).
- Delmiche** (JEAN), ingénieur-directeur de la Compagnie des mines de Drocourt, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Delincan**, *, docteur, 20, boulevard Richard-Lenoir, Paris.
- Delortte**, ingénieur de la Compagnie des mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Demenge** (EMILE), ingénieur principal aux forges de Douai, 89, avenue de Villiers, Paris.
- Demeure**, maître de forges, à Aire-sur-la-Lys (Pas-de-Calais).
- Demonet** (FRANÇOIS), directeur de la mine de fer de Laxon, 19, rue de la Commanderie, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Demont**, architecte à Commentry (Allier).
- Denegri** (MARCO-AURELIO), ingeniero de minas de la Escuela de Construcciones civiles, y de minas de Lima, aux mines de Ticapampa (Pérou).
- Denier**, ingénieur à Brioude (Haute-Loire).
- Denogent**, ingénieur aux mines de Roche-la-Molière (Loire).
- Denoyelle**, chef du service de l'exploitation de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, 19, rue de La Rochefoucault, à Paris.
- Denoyelle**, ingénieur aux hauts-fourneaux de Denain (Nord).
- Dessailly** (L.), ingénieur principal des mines de Liévin (Pas-de-Calais).
- Desbans** (JOSEPH), ingénieur de la Société du Grand-Filon, à Romanèche (Saône-et-Loire).
- Desbief** (MAURICE), vice-président de la Société scientifique et industrielle, 61, rue Paradis, à Marseille.
- Descoua** (EUGÈNE), ingénieur aux mines des Bormettes, La Londe d'Hyères (Var).
- Deshayes** (VICTOR), ingénieur, 79, rue Claude-Bernard, à Paris.
- Deshous** (ALFRED), ingénieur à Dombrowa, ligne de Varsovie-Vienne (Pologne russe).
- Deshouillères**, ingénieur principal des mines de la Société « Le Nickel », à Thio (Nouvelle-Calédonie).
- Desjoux** (M.), ingénieur civil, 25, rue Gambetta, à Saint-Etienne.
- Desportes** (J.), ingénieur de la Compagnie royale Asturienne des mines, à Bèja (Tunisie).
- Desroziers** *, ingénieur-expert près le Conseil de Préfecture de la Seine, 10, avenue Frochot, Paris.
- Destival** (CHARLES), ingénieur divisionnaire aux mines de la Grand'-Combe (Gard).
- Desvigne**, ingénieur-directeur de la mine du Cros, au Cros, près Saint-Etienne (Loire).

- Détanger** (ALEXANDRE), ingénieur aux forges de l'Adour, au Boucau (Basses-Pyrénées).
- Deulin** (NESTOR), directeur gérant des charbonnages de Noël, Sart, Culpart, à Gilly (Belgique).
- Deverne**, ingénieur de la Compagnie de Douchy, à Louches (Nord).
- De Villaine** *, directeur honoraire et administrateur de la Société anonyme des houillères de Montrambert et la Béraudière, 2, rue Sala, Lyon.
- De Villaine** (ELIE), ingénieur, 6, rue du Plat, Lyon (Rhône).
- Devillard**, ingénieur aux mines de la Béraudière, près Saint-Etienne (Loire).
- Deville** (J.-B.), ingénieur-directeur des houillères de Bosmoreau, par Bourgameuf (Creuse).
- Deville** (VINCENT), ingénieur, faubourg Poissonnière, 65, à Paris.
- Devun**, ingénieur principal aux mines de Beaubrun (Compagnie des Mines de la Loire), à Saint-Etienne (Loire).
- Devun** (CLAUDIUS), ingénieur principal aux mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron).
- Doyrieux**, ingénieur civil, 47, rue de la Richelandière, Saint-Etienne.
- Dianous (de)**, ingénieur des Forges et Chantiers de la Méditerranée 337, rue Paradis, Marseille.
- Didier** (LÉON), ingénieur de la fosse n° 5 des mines de Bruay (Pas-de-Calais).
- Dignaron** (JACOBÈ), ingénieur en chef, gérant de la Compagnie minière de Ticapampa, Huaraz (Pérou).
- Dineq** (ACHILLE), administrateur délégué de la Compagnie de Bruay, 20, square Saint-Pierre, à Douai (Nord).
- Dinoire** (C *) , ingénieur, inspecteur des travaux des mines de Lens, à Lens (Pas-de-Calais).
- Dirand** (GEORGES), ingénieur aux mines de Nœux, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Directeur** des houillères de Commentry, à Commentry (Allier).
- Directeur** de la Société minière et métallurgique de Penarroya. à Penarroya, province de Cordoue (Espagne).
- Directeur** des mines de Decize, à La Machine (Nièvre).
- Directeur** des mines du Laurium, à Ergasteria, Laurium (Grèce).
- Directeur** de la Compagnie des houillères de Saint-Chamond, à Saint-Chamond (Loire).
- Directeur** général de la Compagnie des mines d'Anzin (Nord).
- Directeur** de la Société générale pour la fabrication de la dynamite, 12, place Vendôme, à Paris.
- Directeur** de la Société civile des mines de Ronchamp (Haute-Saône).
- Directeur** général de la Société des aciéries de Longwy, à Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).
- Directeur** de la Société anonyme des anciens Etablissements Cail, à Douai (Nord).
- Directeur** général de la Société nouvelle de Kébao, à Port-Wallut, île de Kébao (Tonkin).

- Directeur** des Aciéries de Makeevka, Station de Khartzissk, chemin de fer d'Ekatérinskaja (Russie Méridionale).
- Direction** de la Compagnie des Forges d'Audincourt et dépendances, à Audincourt (Doubs).
- Direction** générale des mines et usines de Son Altesse Impériale l'archiduc Albert, au château de Teschen (Silésie Autrichienne).
- Direction** de la Société nouvelle des charbonnages des Bouches-du-Rhône, 4, place Sadi-Carnot, à Marseille.
- Direction** des houillères de Stiring, à Petite Rossele, près Forbach (Lorraine).
- Direction** des charbonnages de Marcinelle-Nord, à Marcinelle, près Charleroi (Belgique).
- Divary** (E.), ingénieur, chef de fabrication des Aciéries du Creusot (Saône-et-Loire).
- Doise** (SOSTHÈNE), ingénieur en chef des mines de Bruay (Pas-de-Calais).
- Domage** (H.), ingénieur-directeur de la Société nouvelle des charbonnages des Bouches-du-Rhône, 4, rue de la Turbine, Marseille.
- Domhre** (LOUIS), ingénieur-directeur de la Compagnie des mines de Douchy, à Louches (Nord).
- Domergue** (LOUIS), contrôleur des mines, à Alais (Gard).
- Domézon**, ingénieur aux mines de Courrières (Pas-de-Calais).
- Doret** (FRÉDÉRIC), ingénieur aux mines de Port-aux-Princes, Haïti (Grandes-Antilles).
- Dorion** (JOSEPH), ingénieur civil, ancien répétiteur à l'Ecole Centrale, 39 bis, rue de Châteaudun, Paris.
- Dorzée** (FRANÇOIS), administrateur délégué de la Société anonyme des ateliers de construction de Boussu, à Boussu, près Mons (Belgique).
- Dougados** ✱, ingénieur en chef au Corps des mines, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Douvreleur**, administrateur de la Société des Houillères de Saint-Etienne et des Aciéries de Firminy, à Veauches (Loire).
- Devillez**, ingénieur des mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines (Saône-et Loire).
- Drillon**, ingénieur-gérant de la Société des eaux minérales de Saint-Galmier (Source Romaine), à Saint-Galmier (Loire).
- Druges**, directeur des usines de l'Horme, à l'Horme, près Saint-Chamond (Loire).
- Dubois** (J.), ingénieur aux aciéries de Huta-Bankowa, à Dombrowa (Pologne Russe).
- Dubois**, ingénieur-directeur des mines de Marihay, à Flénalle-Grande près Liège (Belgique).
- Dubois** (JULES), ingénieur-constructeur, à Anzin (Nord).
- Dubois** (fils), ingénieur des Arts et Manufactures, à Anzin (Nord).
- Dubost** (F.), ingénieur à la Compagnie houillère de Bessèges (Gard).
- Dubost** JULES, ingénieur principal aux mines de Villebœuf, St-Etienne.
- Duc** (HECTOR), ingénieur-directeur des Houillères de Saint-Chamond.
- Duchet** (ALEXANDRE), maître de verreries, à Montluçon (Allier).
- Duclos** (P.), ingénieur au Boucau (Basses-Pyrénées).

- Dufour** (CHARLES), ingénieur civil des mines, administrateur délégué des usines du Pied-Salle, à Fumay (Ardennes).
- Dufraigne**, ingénieur aux aciéries d'Isbergues (Pas-de-Calais).
- Duffeux** (A.), ingénieur aux mines d'Aniche, à Waziers, près Douai (Nord).
- Dujardin-Beaumetz** ✱, ingénieur civil, 85, rue de la Pompe, Paris.
- Dumas** (LOUIS), secrétaire général de la Société de Commentry-Fourchambault, 24, rue de Turin, Paris.
- Dumolard**, ingénieur-propriétaire, à Bou-Faïma, Kabylie (Algérie).
- Dumont** (ANDRÉ), professeur d'exploitation des mines à l'Université de Louvain, 18, rue des Joyeuses-Entrées, à Louvain (Belgique).
- Dumont** (EMILE), ingénieur, représentant pour la France de la Société « The Hardy Patent Pick C^e Limited de Sheffield », à Saint-Saulve (près Valenciennes).
- Duny** (GUSTAVE), directeur-gérant des mines de Saint-Paulet, à Pont-Saint-Esprit (Gard).
- Duplay** (FERDINAND), ancien élève de l'Ecole polytechnique, chez MM. Déflassieux frères, maîtres de forges à Rive-de-Gier.
- Dupont de Dinechin**, ingénieur à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Dupuis** (EDMOND), ingénieur, 18, avenue Jules-Janin, Paris-Passy.
- Du Puy** (CHARLES), ingénieur, 7, place Fourneyron, Saint-Etienne.
- Durand** (JOSEPH), ingénieur-conseil, à Derbières, par La Coucourde (Drôme).
- Durand** (O.), directeur des mines de Montchanin (Saône-et-Loire).
- Durand** (J.), ingénieur représentant de la Compagnie des mines d'Anzin, rue Gambetta, à Fourmies (Nord).
- Durand**, ingénieur civil, au Pont-d'Aubenas, par Aubenas (Ardèche).
- Duraud**, ingénieur, chef du contentieux des Houillères de Montrambert et la Béraudière, 11, rue de la Préfecture, Saint-Etienne.
- Durant** (HENRI), ingénieur-inspecteur des charbonnages patronnés de la Société Générale pour favoriser l'industrie nationale, 3, Montagne-du-Parc, à Bruxelles (Belgique).
- Durant** (VICTOR), ingénieur divisionnaire aux mines de Marles, par Auchel (Pas-de-Calais).
- Durassier** (LÉON), préparateur à l'Ecole des mines, 5, place des Termes, à Paris.
- Duthu** (PAUL), ingénieur en chef des aciéries d'Unieux, à Ria, par Prades (Pyrénées Orientales).
- Dutrela** (JULIEN), directeur de la Compagnie des mines de Flines-les-Raches (Nord).
- Duvivier** (E.), directeur des mines de fer d'Audun le Ziche, Société des aciéries d'Angleur, à Audun le Ziche (Lorraine annexée).
- Elby**, directeur du service commercial et administratif des mines de Bruay (Pas-de-Calais).
- Engelbach** (H.), directeur divisionnaire aux mines d'Anzin, Bellevue Denain (Nord).
- Escallier**, ingénieur, chef de section au P.-L.-M., à Alais (Gard).

- Escalle**, ingénieur-directeur du service des aciéries et laminaires de la Société des Aciéries de Longwy (Meurthe-et-Moselle).
- Escalle (JEAN)**, ingénieur-directeur technique des Aciéries de France, à Isbergues (Pas-de-Calais).
- Escaré (ALFRED)**, ingénieur divisionnaire de la Société française des charbonnages du Tonkin, à Hongay (Tonkin).
- Eplussac**, directeur des aciéries du Saut-du-Tarn, près Albi (Tarn).
- Euverte ***, ancien directeur des usines de Terrenoire, 6, rue de Seine, à Paris.
- Evrard (ALFRED) ***, ingénieur-conseil, ancien directeur général de la Compagnie des forges de Châtillon et Commentry, rue La Bruyère, 39, Paris.
- Evrard (MAXIMILIEN) ***, ingénieur à La Talaudière (Loire).
- Evrard (PAUL)**, ingénieur en chef des mines de la Réunion, Villanueva-Minas, province de Séville (Espagne).
- Eynac (MARIUS)**, ingénieur aux mines d'Aniche, à Dechy, près Douai (Nord).
- Fahre**, directeur de l'usine à gaz de Montluçon (Allier).
- Faddeef (ALEXANDRE)**, directeur des usines métallurgiques et des mines d'or de la Comtesse Stenbock-Fermor, à Werch-Issetzk, Ekaternibourg (Russie Oural).
- Fagès (AUGUSTE)**, directeur des mines de manganèse de Gambatesa, 8, place Garibaldi, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Faible (ANTONIN)**, ingénieur-directeur des mines de Bourbon-Saint-Hilaire, près Buxière-les-Mines (Allier).
- Faiglère**, contrôleur principal des mines, à Montluçon (Allier).
- Faure (C.)**, ingénieur aux Houillères de Saint-Etienne.
- Faure (JOSEPH)**, ingénieur concessionnaire des mines de zinc du Kanguet-Kef-Tout et de Fedj-el-Adom (Tunisie), 94, avenue Henri-Martin, Paris.
- Favier**, ingénieur aux mines d'Anzin, à Abscon (Nord).
- Faye (ANDRÉ)**, ingénieur aux raffineries Saint-Charles, à Marseille.
- Fajen**, ingénieur aux mines de Saint-Michel et Sordières, à Saint-Michel-de-Maurienne (Savoie).
- Fayol (H.) ***, directeur général de la Société de Commentry-Fourchambault, 16, place Vendôme, à Paris.
- Fayol (PAUL)**, ingénieur-directeur des mines de Brassac (Puy-de-Dôme).
- Feer (PAUL)**, ingénieur civil, 211, boulevard Raspail, à Paris.
- Félix**, directeur des usines de fer creux, à Montluçon (Allier).
- Ferry (EMILE)**, ingénieur aux usines de Bussy, près Joinville (Haute-Marne).
- Fèvre (L.)**, ingénieur au Corps de mines, 38, rue Baudimond, à Arras (Pas-de-Calais).
- Feyte**, contrôleur principal des mines, à Montpellier (Hérault).
- Fleuzet**, ingénieur des Arts et Manufactures, directeur des Ardoisières de la Bassère, à Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
- Firminiac (EUGÈNE)**, ingénieur civil des mines, 19, boulevard Haussmann, Paris.

- Fontaine** (A.) ✱, ingénieur au Corps des mines, sous-directeur de l'Office du travail, 64, rue des Mathurins, Paris.
- Fontaine**, ingénieur divisionnaire aux mines de Courrières (Pas-de-Calais).
- Fontaine** (PAUL), ingénieur divisionnaire des mines de Graissessac (Hérault).
- Fontelles** (FRANÇOIS), directeur des mines des Bormettes, par La Londe (Var).
- Fontelles** (H.), ingénieur directeur des mines d'anthracite de Communay, par Saint-Symphorien-d'Ozon (Isère).
- Forget**, ingénieur, administrateur de la Société minière des Cévennes, 20, rue Cels, Paris.
- Fougerolle**, ingénieur aux mines de Lens, à Wingles, par Vendin-le-Viel (Pas-de-Calais).
- Foujols** (B.), ingénieur-directeur des houillères de Saint-Laurs (Deux-Sèvres).
- Fould-Dupont** ✱, maître de forges à Pompey, près Frouard (Meurthe-et-Moselle).
- Fouletier** (JEAN), ingénieur-directeur des mines de nickel de Mérétrice, à Nouméa (Nouvelle-Calédonie).
- Fouletier** (PIERRE), ingénieur-directeur de la Société des mines de houille de Touches, à Mouzeil (Loire-Inférieure).
- Fourcy**, ingénieur-constructeur à Corbehem, près Douai (Nord).
- Franck-Salomon**, directeur de la Compagnie des Salines de Dax, à Bayonne.
- Franclieu** (de) (H.), ingénieur attaché à la Société des produits chimiques agricoles, boulevard Sylvain-Dumon, à Agen (Lot-et-Garonne).
- Franclieu** (de) (XAVIER), ingénieur aux mines de Blanzay, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- François** (A.), ✱, ingénieur-directeur général de la Compagnie des mines d'Anzin, à Anzin (Nord).
- François** (JOSEPH), ingénieur-constructeur à Seraing (Belgique).
- François** (ALBERT), ingénieur, 12, rue du Midi, à Liège (Belgique).
- Frayasse** (LOUIS), ingénieur civil des mines, conseiller général de l'Aveyron, 36, quai de Queyries, à Bordeaux.
- Frère** (ALFRED), ingénieur aux mines d'Anzin, à Denain (Nord).
- Freydier-Dubreuil**, ingénieur civil, 31, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon.
- Friedel**, ingénieur au Corps des mines, professeur à l'Ecole des mines de Saint-Etienne.
- Fumat**, ingénieur en chef des mines d'Ostricourt, à Oignies (Pas-de-Calais).
- Galland** (LOUIS), constructeur, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Galloway** (WILLIAM), mining engineer, 19, New-Port-Road, à Cardiff, South-Wales (Angleterre).
- Gambara**, ingénieur de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, 168, rue Lafayette, à Paris.

- Garand (EMILE)**, ingénieur principal des mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Firminy (Loire).
- Garcin (P.)**, ingénieur-directeur des mines de Turon, Asturies (Espagne).
- Gardon (AIMÉ)**, ingénieur civil des mines, 7, place de la Badouillère, Saint-Etienne.
- Garnier (JULES)** ✱, ingénieur civil, 14, rue de Berlin, Paris.
- Gary**, ingénieur à Terres-Rouges, par Tournissan (Aude).
- Gasc P.**, ingénieur, à Kolm-Saigum, poste de Kauris, duché de Salzbourg (Autriche).
- Gauthier de Bellefond (JACQUES)**, ingénieur aux mines de Blanz y, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Gauthier-Dumont**, propriétaire, 5, rue d'Arcole, Saint-Etienne.
- Gavet**, ingénieur des Mines de la Compagnie d'Alais, à Tamaris (Gard).
- Genreau (PHILIPPE)** ✱, ingénieur en chef au Corps des mines, 41, rue Blatin, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Gense (ADRIEN)**, ingénieur de la Compagnie parisienne du gaz, 5, rue des Fours, à Arras (Pas-de-Calais).
- Georgiadès (G.)**, ingénieur en chef de la Société des usines du Laurium, à Ergasteria (Laurium), Grèce.
- Gibaud (J.)**, ingénieur-directeur de l'aciérie de Hennebont (Morbihan).
- Giffard**, inspecteur des combustibles à la Compagnie P.-L.-M., à Courbessac, par Nîmes (Gard).
- Girard (F.)**, ingénieur civil des mines, à Rive-de-Gier (Loire).
- Girard (A.)**, ancien chimiste expert au Laboratoire municipal de Paris, 61, rue de l'Arcade, et 11, rue de Rome, Paris.
- Giros (ANDRÉ)**, ingénieur-directeur des hauts-fourneaux de Marnaval, par Saint Dizier (Haute-Marne).
- Glorieux**, ingénieur à Alais (Gard).
- Godin (O.)**, directeur de la Société Sarre-et-Moselle, à Spittel (Lorraine).
- Goffard**, directeur général de la Société anonyme des charbonnages de Hervé-Wergifosse, à Hervé (Belgique).
- Gollion (JOANNY)**, ingénieur-directeur des mines de Pontpéan, par Bruz (Ille-et-Vilaine).
- Gonnet (HENRI)**, ingénieur divisionnaire aux mines de Nœux, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Gorraud**, ingénieur de la maison Michalon, place de l'Hôtel-de-Ville, Saint-Etienne.
- Gouis (FÉLIX)**, ingénieur.
- Goumoëns (de)**, administrateur de la Société des houillères de Ronchamp, à Morges (Suisse).
- Gounot**, ingénieur, via Lincoln, à Palerme (Sicile).
- Gouvy (ALEXANDRE)**, directeur des usines et domaines de l'Oural, de la Société métallurgique de l'Oural-Volga, à Avrjjanopetrowski, par Sterlitamak, gouvernement d'Oufa (Russie).
- Gouvy** ✱, fabricant d'aciers, à Dieulouard (Meurthe-et-Moselle).

- Graillot** (DANIEL), ingénieur, maison Pinette, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Graillot** (LÉONARD), ingénieur du matériel des mines de Blanzay, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Graillot** (FÉLIX), ingénieur aux usines d'agglomérés, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Grand** (E.) *, ingénieur-directeur des mines d'Albi, 30, boulevard de Strasbourg, à Albi (Tarn).
- Grand'Eury** (C.) *, correspondant de l'Institut, professeur à l'Ecole des mines de Saint-Etienne.
- Grange** (A.), ingénieur directeur de la Vieille-Montagne, usine de Viviez (Aveyron).
- Grévon** (A.), ingénieur civil à Mornant (Rhône).
- Grille** (JULES), ingénieur civil, 3, rue Chasselièvre, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Griot**, ingénieur, place Badouillère, 7, Saint-Etienne.
- Grobot** (G.), directeur de l'usine d'Assailly, Lorette (Loire).
- Gromier** (GEORGES), ingénieur-directeur de la Société minière et métallurgique de Penarroya, à Penarroya, province de Cordoue (Espagne).
- Groslier**, ingénieur à Bézenet (Allier).
- Gruner** (EDOUARD) *, ingénieur adjoint au Conseil d'administration de MM. de Diétrich et C^e, secrétaire du Comité central des houillères de France, 6, rue Féron, Paris.
- Gudin du Pavillon**, ingénieur aux mines de Portes (Gard).
- Guerreau** (A.), ingénieur civil, 4, rue de Lorraine, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Guillemin-Tarayre** (E.) *, ingénieur, 15, rue Gutenberg, Parc-des-Princes, à Boulogne-sur-Seine (Seine).
- Guillemin**, ingénieur de la Compagnie des mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Guilhaumat** (ALBERT), ingénieur, 2, rue Saint-Louis, à Montpellier (Hérault).
- Guilhaumat** (JULES), ingénieur-conseil de la Société française des charbonnages du Tonkin, 5, rue Caumartin, Paris.
- Guillot** (FRANÇOIS), ingénieur, représentant de la Société nouvelle des établissements de l'Horme et de la Buire, à l'Horme, Saint-Julien-en-Jarez (Loire).
- Guinamard**, ingénieur aux mines de Meurchin, à Bauvin (Nord).
- Guiraud** (GUSTAVE), ingénieur-directeur des mines de la Compagnie Porman et de la Compagnie des mines d'Alquife, à Almería (Espagne).
- Guyard**, ingénieur-directeur des mines de Berestow, station de Khan-jenkowo, chemin de fer de Koursk-Karkow-Azow Russie méridionale, via Vienne.
- Hacha** (ALFRED), ingénieur, boulevard Frère-Orban, n° 45, à Liège (Belgique).
- Hanarte** (GUSTAVE), ingénieur, 21, rue Bertaimont, à Mons (Belgique).

- Maurez** (PROSPER), ingénieur, 190, chaussée de Charleroi, à Bruxelles (Belgique).
- Mansel** (A.), sous-directeur de la mine de Saulnes (Compagnie de Saintignon), à Saulnes, par Longwy (Meurthe-et-Moselle).
- Hardy** (E.), ingénieur civil des mines, 16, avenue Jules-Janin, à Paris.
- Harmet** ✱, ingénieur-directeur des forges et aciéries de Saint-Etienne, 17, place Marengo, Saint-Etienne.
- Harmegnies** (JEAN), ingénieur des Arts et Manufactures, associé de la maison Vertongen-Harmegnies, fabricants de câbles, à Aubry-les-Douai (Nord).
- Haton de la Coupillière** (C.) ✱, inspecteur général des mines, membre de l'Institut, directeur de l'Ecole nationale supérieure des mines, 60, boulevard Saint-Michel, Paris.
- Havard-Duclos** (TH.), ingénieur aux mines de Lens, à Douvrin (Pas-de-Calais).
- Hélot** (JULES), directeur des mines et usines de Buxières et la Courrolle, à Buxières-les-Mines (Allier).
- Hennecart** ✱, secrétaire général de la Société de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, 9, rue Sainte-Cécile, Paris.
- Henry**, ingénieur civil, ancien élève de l'Ecole Polytechnique, administrateur délégué des ciments et laitiers de Donjeux, 5, boulevard Magenta, Paris.
- Hermet** (J.), directeur de l'agence de la Compagnie des mines de Campagnac, 31, rue d'Avian, à Bordeaux (Gironde).
- Herscher-Geneste** (EMILE), ingénieur au Corps des mines, à Lille (Nord).
- Hessel** (PAUL), ingénieur, 16, rue Magdebourg, Paris.
- Heuschen** (ERNEST), ingénieur civil des mines, 319, Chemin des Aqueducs, Villa Geay, à Alger Mustapha.
- Hinstin** (J.), administrateur-directeur de la Société « l'Industrie », 23, rue de Turin, à Paris.
- Hirsch** ✱, ingénieur en chef des ponts et chaussées, 1, rue Castiglione, Paris.
- Holtzer** (Maison), maitres de forges, à Unieux, près Firminy (Loire).
- Holtzer** (PAUL), ingénieur, 1, rue de la Tour-de-Varan. Saint-Etienne.
- Huard de la Marre** (G.), ingénieur aux mines de Roche-la-Molière, près Firminy.
- Huchon** (JOSEPH), ingénieur des mines du Grosménil, par Sainte-Florine (Haute-Loire).
- Hugot** (ADOLPHE) ✱, directeur des Forges et Aciéries de Firminy, à Firminy (Loire).
- Hulster** (de), entrepreneur de sondages, à Saint-Eloy-les-Mines (Puy-de-Dôme).
- Humblot** (F.), ingénieur-directeur du service central des mines de Carmaux, 10, avenue des Sycomores, Paris.
- Mutter** (EMMANUEL), maitre de forges, à Rive-de-Gier (Loire).
- Mutter** (AIMÉ), ingénieur, 12, rue Saint-Léonce, à Nîmes (Gard).

- Hutter** (MARCEL), ingénieur civil, vice-consul d'Espagne, membre de la Chambre de Commerce de Dunkerque (Nord).
- Imbert frères**, constructeurs à Saint-Julien-en-Jarez, près Saint-Chamond (Loire).
- Imbert de Vanoy**, ingénieur-métallurgiste, 53, rue d'Auteuil, Paris-Auteuil.
- Ingénieur principal** de la Société minière et métallurgique de Penarroya, à Azuaga, province de Badajoz (Espagne).
- Ingénieur principal** de la Société minière et métallurgique de Penarroya à San-Quintin, par Veredas, province de Ciudad-Réal (Espagne).
- Ingénieur-directeur** de l'Association Lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur (M. Déjuzeur), 37, cours du Midi, à Lyon.
- Jacob**, ingénieur au Corps des mines, à Alger (Algérie).
- Jacob** (EMILE), ingénieur civil des mines, boulevard Péreire, 124, Paris.
- Jacquet** (E.), ingénieur à l'Albenc, par Vinay (Isère).
- Jacquier** (A.), directeur des mines de Montrelais (Loire-Inférieure).
- Janet**, ingénieur au Corps des mines, 87, boulevard Saint-Michel, Paris.
- Janssens de Burges**, constructeur, à Anzin (Nord).
- Jardé** (EMILE), ingénieur-directeur des forges de Tronçais (Compagnie de Châtillon et Commentry) (Allier).
- Jardel** (JOSEPH), ingénieur-directeur des mines de Carvin, à Carvin (Pas-de-Calais).
- Jasson** (LOUIS), ingénieur aux mines d'Akhtala, Tiflis (Caucase).
- Javal**, administrateur de mines, 14, rue Logelbach (Paris).
- Jeandon**, contrôleur des mines, à Alais (Gard).
- Joly** (CLAUDIUS), ingénieur du jour de la Compagnie des mines d'Aniche à Aniche (Nord).
- Jordan** (S.) O *, professeur à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, 5, rue Viète, avenue de Villiers, Paris.
- Julien** (LOUIS), ingénieur de la Société minière et métallurgique de Penarroya, mines de San-Quintin, par Veredas, Ciudad-Réal (Espagne).
- Juquelier** (J.), ingénieur aux mines de Dourges, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Keller** (JEAN), ingénieur-administrateur, délégué de la Société des mines de Czeladz, 66, rue de la Victoire, Paris.
- Kolb-Bernard**, ingénieur, directeur-gérant des mines de Courrières, 7 bis, rue Borghèse, à Neuilly-sur-Seine.
- Kuhmünch** (EUGÈNE), ingénieur civil des mines, 129, avenue du Roule, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Kuss** *, ingénieur en chef des mines, à Douai (Nord).
- Lachapelle** (de), ingénieur aux Houillères de Saint-Eloy (Puy-de-Dôme).
- Lacautre** (ERNEST), ingénieur aux mines de Liévin, à Avion (Pas-de-Calais).
- Lacroix**, ingénieur aux mines de l'Escarpelle, près Douai (Nord).
- Lafite** (HENRI), ancien élève de l'Ecole polytechnique, ingénieur, sous-chef des travaux des mines de Lens, à Lens (Pas-de-Calais).

- Lafond** (C.), ingénieur.
- Laforce** (MARIUS), ingénieur à la Société des Malines, à Saint-Laurent-le-Minier (Gard).
- Lagarde** (GUILHOT de), ingénieur aux mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Lagoutte**, ingénieur aux mines de Liévin (Pas-de-Calais).
- Laigneaux**, ingénieur aux mines de Petite-Rosselle, près Forbach (Lorraine).
- Lajudie** (de), ingénieur-directeur des hauts-fourneaux et de l'aciérie Bessemer, à Bessèges (Gard).
- Lallemand** (A.), ingénieur civil, architecte, adjoint au maire de Cambrai (Nord).
- Lamarche** (L.), gérant de la Société des Forges et Aciéries du Donetz, à Droujkowka, gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie méridionale).
- Lamberto-Demarchi**, ingegnere, 65, via Napoli, à Rome (Italie).
- Lamborot**, ingénieur civil, à Arras (Pas-de-Calais).
- Landrison**, secrétaire général de la Direction des mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Firminy (Loire).
- Landet**, constructeur-chaudronnier, à Saint-Julien-en-Jarez, près Saint-Chamond.
- Langlade** (de), ingénieur, 2, place Richelieu, Bordeaux (Gironde).
- Lapierre**, ingénieur, 31, rue Gambetta, Saint-Etienne.
- Lapierre** (GILBERT), ingénieur en chef de l'exploitation des mines de Carmaux (Tarn).
- Laponche**, ingénieur aux usines Biétri, à La Chaléassière, Saint-Etienne.
- Laprunière** (ANTONY), propriétaire directeur des houillères de Marsanges villa Corbet, avenue de Lympia, Nice.
- Larchet** (FRANCISQUE), ingénieur civil, à Yzeure. par Moulins (Allier).
- Lardv**, directeur des Forges et Aciéries de Basse-Indre (Loire-Inférieure).
- Largillier**, chef d'exploitation aux mines d'Agua Ténidas, à Val de la Musa, province de Huelva (Espagne).
- Larivière**, gérant de la Commission des ardoisières d'Angers (Maine-et-Loire).
- Laromiguière**, ingénieur civil des mines, rue Saint-Pantaléon, 3, Toulouse (Haute-Garonne).
- Lasserre**, ingénieur civil, 14, rue Gambetta, Saint-Etienne.
- Launay**, ingénieur aux mines de Nœux (Pas-de-Calais).
- Laur** (FRANCIS), ingénieur civil, 26, rue Brunel, à Paris.
- Lauras** (XAVIER), ingénieur aux mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Laurans** (A.) ✱, ingénieur en chef au Corps des mines à Alais (Gard).
- Laurent** (AUGUSTE), ingénieur aux mines d'Alzen à la Bastide-de-Sérou (Ariège).
- Lavaurs**, directeur de la Compagnie des mines de Courrières, à Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Laveaux** (E.), ingénieur aux mines de Roche-la-Molière, par Firminy (Loire).

- Lavé ***, contrôleur principal des mines, à Rive-de-Gier.
- Lavigne**, ingénieur aux mines de la Grand'Combe (Gard).
- Laville (J.-B.)**, contrôleur des mines, 17, rue Villebœuf, à Saint-Etienne
- Layre (H.)**, ingénieur à Avèze, par Le Vigan (Gard).
- Leblanc**, ingénieur civil, place Marengo, 14, à Saint-Etienne.
- Lebreton**, ingénieur au Corps des mines, 28, rue d'Enghien, à Lyon.
- Lebrun**, ingénieur au Corps des mines, 7, place Saint-Jean, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Lechat (VICTOR)**, ingénieur au Corps des mines de Belgique, 32, rue Henricourt, à Liège (Belgique).
- Leclère**, ingénieur au Corps des mines, à Marseille.
- Ledoux (Ch.) ***, ingénieur en chef au Corps des mines, 250, boulevard Saint-Germain, Paris.
- Lefèvre (LOUIS-EMILE)**, ingénieur des Arts et Métiers, 33, rue Meurin, à Lille (Nord).
- Lecharle (GEORGES)**, ingénieur aux mines de Marles (Pas-de-Calais).
- Lemay**, ingénieur, directeur-gérant des mines d'Aniche, à Aniche (Nord).
- Lemière**, ingénieur principal des Houillères de Montvicq (Allier).
- Lemonnier**, ingénieur civil, 98, rue Cherche-Midi, Paris.
- Leucauchez**, ingénieur, 158, boulevard Magenta, Paris.
- Lenclud (CHARLES)**, ingénieur aux houillères d'Azincourt, à Monche-court (Nord).
- Le Nève Fonter (CLÉMENT)**, inspecteur royal des mines et professeur d'exploitation des mines à l'Ecole royale de Londres, à Llandudno, Pays de Galles.
- Léon (ALFRED)**, ingénieur des Arts et Manufactures, 17, Calle Claudio Coello, à Madrid (Espagne).
- Leproux**, ingénieur au Corps des mines, 23, rue Gambetta, à Saint-Etienne.
- Lequin, O ***, directeur général des usines de produits chimiques de la Compagnie de Saint-Gobain, 94, rue Jouffroy, Paris.
- Leroy**, ingénieur aux mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Leseure ***, ingénieur en chef des mines en retraite, 21, rue Gambetta, Saint-Etienne.
- Lespinats (de) (VICTOR) ***, administrateur délégué de la Société métallurgique de Champigneulle et Neuves-Maisons, à Pont-Saint-Vincent (Meurthe-et-Moselle).
- Letaud (HENRI)**, ingénieur, à Conches (Eure).
- Létourneau**, directeur de la Société de carbonisation à Paris, 87, rue Lafayette.
- Levat (DAVID)**, ingénieur civil des mines, 9, rue du Printemps, Paris.
- Levavasseur**, ingénieur-mécanicien, 48, rue Henri-Kolle, à Lille (Nord).
- Léveillé (E.-M.)**, ingénieur des mines de houilles et schistes bitumineux de Saint-Hilaire (Allier).
- Lévêque ***, directeur des hauts-fourneaux de la Compagnie de l'Horme au Pouzin (Ardèche).

- Le Verrier** ✱, ingénieur en chef au Corps des mines, professeur de métallurgie au Conservatoire des arts et métiers, Paris.
- Lovet** (C.), ingénieur constructeur à Fontaines-les-Châlon (Saône-et-Loire).
- Lévy** (LÉON) O ✱, ingénieur en chef des mines, directeur de la Compagnie anonyme des forges de Châtillon et Commentry, 2, rue Logelbach, Paris.
- Lévy** (CHARLES), ingénieur-directeur des houillères de l'Allier de la Société des forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons, à Bézenet (Allier).
- Lévy** (JOSEPH) ✱, ingénieur administrateur des mines, 103, boulevard Malesherbes, Paris.
- Leydier** (Th.), ingénieur aux ardoisières Villechien-Saint-Barthélemy, par Angers (Maine-et-Loire).
- Lezaack** (de) L, ingénieur, 4, rue de la Giroflée, à Anvers (Belgique).
- Lhomme** (EMILE), ingénieur, 175, rue Saint-Honoré, Paris.
- Liénard**, ingénieur au Corps des mines, professeur à l'Ecole des mines de Saint-Etienne.
- Lippmann** (EDOUARD) ✱, l'un des associés gérants de la maison Degousée, Ch. Laurent et C^e, 36, rue de Chabrol, à Paris.
- Lodin** ✱, ingénieur en chef au Corps des mines, professeur de métallurgie à l'Ecole nationale supérieure des mines, 3, rue Cambacérès, Paris.
- Lombard**, ingénieur divisionnaire à la Compagnie des houillères de Bessèges (Gard).
- Lombols**, ingénieur aux mines de Bully-Grenay (Pas-de-Calais).
- Lopez** (SANTIAGO), ingénieur de la maison Lopez, Puerta Farrisa n° 1, à Barcelone (Espagne).
- Lormier** (Ch.), ingénieur, 18, rue du Moniteur, à Bruxelles (Belgique).
- Luc** (Charles), ingénieur principal de la Société française des charbonnages du Tonkin, à Hongay (Tonkin).
- Lucius** (PAUL), ingénieur à Fumay (Ardennes).
- Lyonnet**, ingénieur aux usines d'Assailly, à Lorette (Loire).
- Machavoline**, ingénieur des mines de l'Horcajo, par Veredas, province de Ciudad-Réal (Espagne).
- Magalon** (GASTON), contrôleur des mines, à Nouméa (Nouvelle-Calédonie).
- Maguien** ✱, directeur des forges de l'Adour, au Boucau (Basses-Pyrénées).
- Maillard** (GEORGES), ingénieur aux mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Mailliet**, ingénieur-constructeur de machines à Anzin (Nord).
- Mairine**, ingénieur civil, à Luchapt (Vienne).
- Majer de Lewalt** (R.), ingénieur-directeur de la division de Nancy de la Société des forges et aciéries du Nord et de l'Est, à Jarville, près Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Malartre**, géomètre en chef des houillères de Bessèges, à Bessèges (Gard).
- Malatray**, ingénieur en chef des travaux du fond aux mines de Bully-Grenay (Pas-de-Calais).

- Malissard-Taza** (PAUL), ingénieur des Arts et Manufactures, à Anzin (Nord).
- Malissart**, ingénieur-directeur de la Société Escaut et Meuse, à Anzin (Nord).
- Mallet** (JACQUES), ingénieur, rue Mi-Carême, 8, Saint-Etienne.
- Malot** (CHARLES), ingénieur du service des combustibles à la Compagnie des chemins de fer du Nord, 10, rue de l'Eperon, à Paris.
- Malplat**, ingénieur divisionnaire aux mines de Roche-la-Molière (Loire).
- Manbès *, métallurgiste, négociant en métaux, 3, rue Sala, Lyon.**
- Manbès** (ANT.), ingénieur de l'Omnium Lyonnais, directeur de l'exploitation des tramways électriques de Cannes (Alpes-Maritimes).
- Manigler** (STÉPHANE), ingénieur civil des mines, 175, rue du Faubourg-Poissonnière, Paris.
- Maquart**, ingénieur civil.
- Marange** (E.), ingénieur civil des mines à Frouard (Meurthe et Moselle).
- Marignier *, ingénieur, fabricant de chaux et ciments, à Jose près Maringues (Puy-de-Dôme).**
- Marljon**, ingénieur-directeur de la Société métallurgique et minière des Cévennes à Privas (Ardèche).
- Marlon** (AUGUSTE), administrateur général de la Compagnie Guadalupe de Bolivia, à Tupiza via Buenos-Ayres (Bolivia).
- Marrel** (JULES), de la maison Marrel frères, maîtres de forges, à Rivede-Gier (Loire).
- Marrel** (LÉON), de la maison Marrel frères, maître de forges, à Rivede-Gier.
- Marrel** (HENRY), de la maison Marrel frères, maîtres de forges, à Rivede-Gier.
- Marsaut** (J.-B.) *, ingénieur-directeur de la Compagnie houillère de Bessèges (Gard).
- Martel**, agent commercial de la Compagnie des mines et forges d'Alais, 24, rue du Pavillon, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Martemot**, ingénieur civil des mines, au château des Forges près Commentry (Allier).
- Martin** (EUGÈNE), ingénieur, directeur de la Société de mécanique industrielle d'Anzin, 42 bis, route de Condé, à Valenciennes (Nord).
- Martin** (CHARLES), ingénieur aux mines de Fresnes (Nord).
- Martin** (XAVIER), ingénieur divisionnaire aux mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines (Saône-et Loire).
- Martinet**, ingénieur principal de la mine de Commentry (Allier).
- Masson** (ARTHUR), directeur des mines de Drocourt, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Masson** (LOUIS), contrôleur des mines, à Béthune (Pas-de-Calais).
- Matheron** (EUGÈNE), directeur des mines de la Bouble, à Saint-Eloy-les-Mines (Puy-de-Dôme).
- Matheron** (J.-C.), ingénieur principal des mines de Dombrowa (Pologne russe).

- Mathet (F.)**, ingénieur civil des mines 110, rue Lafontaine, à Auteuil, Paris.
- Mathet (LÉON)**, ingénieur aux mines de Blanzv, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Mathet (PROSPER)**, ingénieur aux mines de Carmaux (Tarn).
- Mathevon (HENRI)**, ingénieur civil, à Nœux-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Mathieu (EUGÈNE)**, ingénieur-constructeur, rue Courlancy, 34, à Reims (Marne).
- Mattalia (JOSEPH)**, ingénieur à Cuneo (Italie).
- Maubeck (G.)**, inspecteur au chemin de fer de l'Est, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Maureau**, administrateur-directeur de la Compagnie des mines de Lallé près Alais (Gard).
- Maurice (JOSEPH)**, ingénieur-directeur des mines de Belmez, C^e des chemins de fer M. S. A., à Belmez, province de Cordoue (Espagne).
- Maurice (PAUL-ETIENNE)**, ingénieur, ancien élève de l'Ecole polytechnique, 8, rue Buisson, à Saint-Etienne.
- Mauroy (de)**, ingénieur civil des mines, à Wassy-sur-Blaise (Haute-Marne).
- Maussier**, ingénieur civil, à Saint-Galmier (Loire).
- Max (MAURICE)**, ingénieur conseil pour les mines et la métallurgie, 29, rue d'Artois, Paris.
- Mazodier**, ingénieur principal des mines de la Grand'Combe (Gard).
- Ménessier**, ingénieur-directeur de l'usine Thiollière, à l'Horme, près Saint-Chamond (Loire).
- Menu (ALPHONSE)**, directeur des mines de la Chapelle-sous-Dun (Saône-et-Loire).
- Mercier (FRANÇOIS)**, directeur des hauts-fourneaux de Chasse, près Givors (Isère).
- Mercier (JOSEPH)**, ingénieur-directeur des mines de Tiercelet, Thil-Villerupt (Meurthe-et-Moselle).
- Mercier (LOUIS)**, agent général de la Compagnie des mines de Béthune, à Bully-Grenay (Pas-de-Calais).
- Mercier (N.)**, ingénieur civil, 59, rue de Provence, Paris.
- Mesuré ✱**, ingénieur aux usines de Saint-Jacques, à Montluçon (Allier).
- Mettvriér**, ingénieur au Corps des mines, à Montpellier (Hérault).
- Meurgey ✱**, ingénieur en chef au Corps des mines, 7, rue de Thionville, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Micaud (JULES)**, ex-ingénieur en chef des mines de Béthune, expert près le Conseil de Préfecture de la Seine, 6, rue d'Alençon, Paris.
- Michalowski**, ingénieur, chef des exploitations de la Société des mines de la Loire, à Saint-Etienne.
- Michard (J.)**, représentant de la Société civile des mines de bitume et d'asphalte du Centre, rue Judaïque, 107, à Bordeaux (Gironde).
- Michel (CAMILLE)**, ingénieur civil des mines, 25 quai Saint-Vincent, Lyon.
- Michel (LÉOPOLD)**, ingénieur civil des mines, répétiteur de minéralogie à la Sorbonne, 128, avenue de Neuilly, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

- Michot** (ERNEST), ingénieur civil à la Compagnie de Boléo, Santa-Rosalía, par Gaymas (Basse-Californie), Mexique.
- Micol**, fabricant de produits minéraux et végétaux, à la Terrasse-en-Doizieu (Loire).
- Mignot** (ANDRÉ), ingénieur aux Aciéries de Saint-Jacques, à Montluçon (Allier).
- Milsom**, ingénieur civil des mines, agriculteur à Siga (Rachgoum), par Béni-Saf (Algérie).
- Minier**, ingénieur aux mines de Ronchamp (Haute-Saône).
- Mire**, ingénieur civil, 9, rue Emile-Littre, à Saint-Etienne.
- Mire** (P.), ingénieur civil, 42, rue Beaujon, à Paris.
- Mollet** (JOSEPH), ingénieur.
- Montgolfier** (de), O. ✱, ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur des Forges et Aciéries de la Marine et des chemins de fer, à Saint-Chamond (Loire).
- Moreau**, directeur-gérant des charbonnages de Marchiennes, à Marchiennes-au-Pont (Belgique).
- Moréteau** (JOANNY), ingénieur de la Commission de limite avec le Chili, à Buenos-Ayres (République Argentine).
- Morgues** (de), directeur des houillères de Saint-Eloy (Puy-de-Dôme).
- Morin**, ingénieur aux mines de Liévin (Pas-de-Calais).
- Morineau** (E.), ingénieur, 94, boulevard Raspail, Paris.
- Mortier** (P.), ingénieur civil, place Mi-Carême, 7, à Saint-Etienne.
- Moulin**, ingénieur-divisionnaire aux Houillères de la Haute-Loire, à la Taupe, par Sainte-Florine (Haute-Loire).
- Moulinier**, ingénieur aux mines d'Anzin, à Escaudain (Nord).
- Mouille**, fondeur à Saint-Chamond (Loire).
- Mouillon** (JULES), ingénieur, chef d'études de la maison Galland, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Moutté** (A.), ingénieur aux mines d'Anzin, à Escaudain (Nord).
- Muguet** (CL.), ingénieur-directeur des mines d'Urikany, à Lupény (Hongrie).
- Muller** (PIERRE), ingénieur.
- Murgue** ✱, ingénieur-directeur des mines de Montrambert et de la Béraudière, 1, rue Saint-Honoré, Saint-Etienne.
- Naissant**, inspecteur du matériel des mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Nau**, ingénieur-administrateur des mines de Villebœuf, 13, rue Michelet, Saint-Etienne.
- Nègre**, agent de la Compagnie de Mokta-el-Hadid, 20, rue d'Avéjan, à Alais (Gard).
- Nervo** (de) (LÉON), ingénieur des Arts et Manufactures, secrétaire-adjoint de la Compagnie de Mokta, rue de Courcelles, 73, Paris.
- Nesterowski** (NICOLAS), ingénieur des mines, rue Bronitzkaya, n° 4, à Saint-Petersbourg Russie).
- Neu**, ingénieur électricien, place du Temple, à Lille (Nord).
- Nicolas** (PAUL), ingénieur aux hauts-fourneaux de Saint-Jacques, à Montluçon (Allier).

- Nicolet**, ingénieur, 20, rue de la Bourse, Saint-Etienne.
- Nivoit** (EDMOND) *, inspecteur général des mines, professeur à l'Ecole des ponts et chaussées, 4, rue de la Planché, Paris.
- Noblet** (J.), ingénieur à Aniche (Nord).
- Nogulier**, ingénieur aux mines de Ferfay, à Auchel (Pas-de-Calais).
- Nollbois** (PAUL), ingénieur à la Compagnie des forges d'Alais (Gard).
- Nony** (EUGÈNE), ingénieur civil, 7, rue Nicolas, Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Noël** (ARMAND), ingénieur aux forges de Saint-Jacques, à Montluçon (Allier).
- Nougarede**, directeur des houillères d'Epinac (Saône-et-Loire).
- Noviant**, ingénieur à Ganges (Hérault).
- Nozal** (P.), ingénieur, 7, quai de Passy, Paris.
- Nugue**, ingénieur aux ateliers de construction Pinette, à Châlon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Oberthür** (JOSEPH), docteur en médecine, 9, rue de la Planché, Paris.
- Oehler**, entrepreneur de fumisterie, rue de la République, 20, Saint-Etienne.
- Olivier**, ingénieur-directeur des mines de Gagnières, près Bessèges (Gard).
- Oly** *, ingénieur en chef au Corps des mines, 23, rue Clapeyron, Paris.
- Oppermann** *, ingénieur en chef des mines, à Marseille.
- Osigneur** (GUSTAVE, agent commercial des mines de Lens, à Lens (Pas-de-Calais).
- Ozier** (PAUL), ingénieur, 20, rue Juiverie, Lyon.
- Passe** (PAUL), ingénieur aux forges et aciéries Martin, à Bessèges (Gard).
- Parent** (LUCIEN), ingénieur des fabrications à la Compagnie des mines d'Anzin (Nord).
- Parise** (FERDINAND), ingénieur en chef des mines de Graissessac (Hérault).
- Parodi** (LORENZO), ingénieur, 65, Borgo Cappucini, Livorno, Toscane (Italie).
- Parran** (A.) *, ingénieur en Chef au Corps des mines, directeur général de la Compagnie des minerais de fer magnétique de Mokta-el-Hadid, 26, avenue de l'Opéra, à Paris.
- Pasquet**, ingénieur aux mines de la Malafolie, près Firminy (Loire).
- Pasquier** (ARMAND), ingénieur, chef de service de l'aciérie de Huta-Bankowa, à Dombrowa, Pologne Russe.
- Patelin** (LOUIS), ingénieur aux mines de Messeix, par Bourg-Lastic (Puy-de-Dôme).
- Patella** (PIERRE), ingénieur à Rive-de-Gier (Loire).
- Payen**, ingénieur-amodataire des mines de Janon et Reveux, à Terrenoire (Loire).
- Péchiney** *, directeur-gérant de la Compagnie des produits chimiques d'Alais et de la Camargue, à Salindres (Gard).
- Péguet**, directeur des mines de Decazeville (Aveyron).

- Pélabon** (EMILE), conducteur des travaux du fond (C^e d'Anzin), à Saint-Waast-le-Haut (Nord).
- Péllissier**, ingénieur-directeur des mines de Bert, par Le Donjon (Allier).
- Pellé** (MAXIME), ingénieur des mines, professeur à l'Ecole supérieure des mines, 4, rue Barra, Paris.
- Pellet** (EUGÈNE), ingénieur en chef du bureau des études aux forges de Bessèges, à Bessèges (Gard).
- Pérard** (CH.), ingénieur.
- Pères**, ingénieur, directeur divisionnaire aux mines d'Aniche, à Sin-le-Noble (Nord).
- Périllon** (FLEURY), chef du laboratoire aux usines de la C^e des Fonderies, Forges et Aciéries de Saint-Etienne, au Marais, Saint-Etienne (Loire).
- Périsse** (J.), ingénieur-directeur de la C^e des mines de Kef-Oum-Teboul en liquidation, 62, rue Grignan, Marseille.
- Pernin** (PAUL), ingénieur en chef de la Société ardoisière de l'Anjou, 47, Boulevard de Saumur, à Angers (Maine-et-Loire).
- Pernolet** (ARTHUR) ✱, ingénieur, 87, rue Lafayette, Paris.
- Perrève** (GUSTAVE), directeur des mines de Villebœuf, 8, place de l'Hôtel-de-Ville, Saint-Etienne.
- Perrin**, chef du service des plans de la Société des Houillères de Saint-Etienne, 3, rue de Monteil, Saint-Etienne.
- Perroy** (PAUL), ingénieur des ateliers, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Petit** (PAUL), ingénieur en chef des Houillères de Saint-Etienne, 5, place Paul-Bert, Saint Etienne.
- Petit** (PAUL), ingénieur aux mines de Cessous et Comberedonde, à la Jasse, par Chamborigaud (Gard).
- Petit** (JOSEPH), ingénieur aux mines de Bruay, à Bruay (Pas-de-Calais).
- Petitjean** (O ✱), ingénieur civil, administrateur délégué de la Société des mines d'Albi, 4, square Labruyère, Paris.
- Petitot** ✱, ingénieur conseil, 91, rue de Seine, Paris.
- Peycelon** (JAMES), administrateur délégué de la Société anonyme des eaux minérales des établissements de Saint-Galmier (Loire).
- Peyralbe** (J.), ingénieur civil, à La Motte-d'Aveillans, par Grenoble (Isère).
- Peyre** (EMILE), ingénieur, sous-directeur aux hauts-fourneaux de Tamaris, près Alais (Gard).
- Peyre** (LÉON), ancien directeur des houillères de Banne, ingénieur civil, route de Bagnoles, près le Lycée, à Alais (Gard).
- Peyre**, ingénieur aux hauts-fourneaux de Bessèges, à Bessèges (Gard).
- Philippart**, ingénieur-conseil, 111. avenue d'Avroi, à Liège (Belgique).
- Piala** (A.), ingénieur-directeur des houillères d'Ahun, 15, rue Chaussée-d'Antin, à Paris.
- Pialat** (P.), ingénieur principal des mines de Champagnac (Cantal).
- Picandet** (GILBERT), sous-chef de service à la manutention des charbons, à Decazeville (Aveyron).
- Picaud**, ingénieur aux Aciéries de Firminy (Loire).

- Piédana** (LÉON), ingénieur aux mines d'Anzin, à Condé-sur-Escaut (Nord).
- Piérart** (OCTAVE), directeur des mines de Thivencelles et Fresnes-Midi, à Fresnes-sur-Escaut (Nord).
- Pierra** (EUGÈNE), ingénieur de la fosse n° 8 des mines de Lens, à Vendin-le-Viel (Pas-de-Calais).
- Pierronne**, directeur des Hauts-Fourneaux à l'usine de Briansk, à Ekaterinoslaw (Russie Méridionale).
- Piette**, directeur de la Société Russe du Donetz à Khartzisk, chemin de fer Catherine (Russie Méridionale).
- Piffaut**, directeur des mines de Perrecy-les-Forges (Saône-et-Loire).
- Pillex** (PAUL), ingénieur de la Société générale, 8, rue Victor-Massé, Paris.
- Pinat et C^e**, gérants de la Société des hauts-fourneaux d'Allevard (Isère).
- Pinel** *, ingénieur, administrateur des Houillères de Montrambert et La Béraudière, à Vernusse, par Montmarault (Allier).
- Pinette** (G.) *, constructeur-mécanicien, à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Pinette** (PAUL), fils, constructeur-mécanicien. à Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire).
- Pinmartin**, ingénieur, chef du contentieux de la Compagnie des mines de Graissessac, à Graissessac (Hérault).
- Pirker** (EMILE), ingénieur divisionnaire aux mines de Béthune, à Vermelles (Pas-de-Calais).
- Piron** (PIERRE), ingénieur aux mines de Commentry (Allier).
- Pitaval** (ROBERT), ingénieur civil des mines, 26, rue Brunel, Paris.
- Place** (de), directeur de la Compagnie anonyme des houillères de Rochebelle à Alais (Gard).
- Planebard** (LÉON), directeur de la Société Houillère de Bouquiès à Decazeville (Aveyron).
- Plamier** (CHARLES), directeur-gérant de la Société d'Industrie houillère de la Russie méridionale, à Garlowka, gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie méridionale).
- Pochat**, directeur des mines de Champagnac, à Champagnac-les-Mines (Cantal).
- Pochon** (THÉOPHILE), ingénieur civil des mines à Tarare (Rhône).
- Pocquet**, ingénieur principal des Mines de la Loire, 42, rue de Montaud, Saint-Etienne.
- Poillon** (L.), ingénieur des Arts et Manufactures, Escuela nacional des artes y oficios, Espalda de San-Lorenzo, Mexico (Mexique).
- Poisot** (E.), ingénieur-directeur de la houillère du Creusot, au Creusot (Saône-et-Loire).
- Polge** (URBAIN), ingénieur aux mines de Rochebelle, près Alais (Gard).
- Ponchez** (DAVID) *, ingénieur principal de la Société Belleville et C^e, Saint-Denis, Paris.
- Ponsennard**, ingénieur amodiatraire des mines de la Porchère, 13, rue de la République, Saint-Etienne.

- Portal** (HENRY), directeur général des mines de Kébao, Tonkin.
- Portier** (HENRI), ingénieur des Arts et Manufactures, attaché à la Compagnie des mines de Courrières, à Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Portier** (PAUL), ingénieur-directeur des mines de Crespin-Nord, à Quiévrechain (Nord).
- Potaux**, sous-directeur des travaux du jour aux mines de Nœux (Pas-de-Calais).
- Poteaux** (P.), agent commercial des mines d'Aniche, à Aniche (Nord).
- Pottier** (JULES), ingénieur aux mines de la Loire à Beaubrun, Saint-Etienne.
- Potier** (ALEXANDRE), chef des travaux aux usines de la Compagnie de Saint-Gobain, à Montluçon (Allier).
- Poulenc** (CAMILLE), D^r ès-sciences, fabricant de produits chimiques, 92, rue Vieille-du-Temple, Paris.
- Poumailrac**, directeur des mines de Ferfay (Pas-de-Calais).
- Pourcel** (A.), ingénieur, 2, square du Roule, Paris.
- Poussigue** (LÉON), directeur de la Société des houillères de Ronchamp (Haute-Saône).
- Pontet**, ingénieur civil, 8, boulevard National, à Marseille.
- Prat** (LOUIS), ingénieur civil, 51, rue Taitbout, Paris.
- Président** de la Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy (Loire).
- Président** de la Compagnie anonyme des mines d'Ahun, à Lavaveix-les-Mines (Creuse).
- Président** du Conseil d'Administration des Mines de la Loire, 47, rue Joubert, Paris.
- Primat**, ingénieur au Corps des mines, 5, boulevard Gambetta, à Grenoble (Isère).
- Prost** (A.), ingénieur au Corps des mines, à Arras (Pas-de-Calais).
- Prudhomme**, ingénieur aux forges de l'Adour, au Boucau (Basses-Pyrénées).
- Prudhomme** (JEAN), ingénieur en chef des travaux du fond aux mines de Dourges (Pas-de-Calais).
- Ract-Madoux**, ingénieur, 34, quai de la Charité, Lyon.
- Radisson** (LOUIS), ingénieur de la Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine, à Assailly, Lorette (Loire).
- Rameau** (HENRI), ingénieur, agent des ventes de la Compagnie de Béthune, 9, rue des Capucines, Paris.
- Randabel** (JULES), ingénieur des Arts et Manufactures, chef de section au chemin de fer P.-L.-M., à Alais (Gard).
- Raspal** (FERNAND), ingénieur aux mines de la Compagnie houillère de Bessèges, à Molières-sur-Cèze (Gard).
- Rateau** (A.), ingénieur au Corps des mines, 105, quai d'Orsay, Paris.
- Ratelade**, ingénieur aux Houillères de Rochebelle (Gard).
- Ravat** (J.-F.), ingénieur à Luneau (Allier).
- Raymond** (A.), ancien ingénieur en chef des mines de la Société du Creusot, 4, rue de Mâcon, au Creusot (Saône-et-Loire).

- Reboul**, ingénieur au Vigan (Gard).
- Rebuffet** (ANDRÉ), ingénieur civil.
- Recollin**, ingénieur, sous-directeur aux mines de Sain-Bel (Rhône).
- Redon** (AUGUSTE), ingénieur à la Compagnie des mines de la Loire, rue Marengo, 19, Saint-Etienne.
- Regnard** (CHARLES), ingénieur-architecte, à Montélimar (Drôme).
- Reich**, ingénieur en Egypte.
- Rendu**, ingénieur civil à Laplaine, par Saint-Paul-de-Jarrat (Ariège).
- Renié** (LÉON, ingénieur directeur de la Société anonyme des houillères de la Haute-Loire, au Grosménil, par Sainte-Florine (Haute-Loire).
- Renous** (JEAN), ingénieur des Arts et Manufactures, 99, cours Balguerie, Stultenberg, à Bordeaux.
- Résimont** (ARMAND), directeur de la Société anonyme des forges et aciéries du Nord et de l'Est, à Valenciennes (Nord).
- Reumaux** ✱, ingénieur-directeur des mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Reuroth** (F.), ingénieur à Sarrebruck (Prusse Rhénane).
- Revol** (HIPPOLYTE), chef de service aux Aciéries de Firminy (Loire).
- Reymond** (J.-B.), ingénieur divisionnaire aux mines de Firminy (Loire).
- Reymond** (GEORGES), ingénieur directeur des usines de Oust Vijaïka, par Tcherdyne, gouvernement de Perm (Russie).
- Reynaud**, ingénieur aux forges et aciéries de Saint-Etienne, Le Marais, Saint-Etienne (Loire).
- Ribeyron**, ingénieur directeur aux mines de Dombrowa, station du chemin de fer de Varsovie-Vienne (Pologne Russe).
- Riche** (FIRMIN), ingénieur-directeur gérant de la Société des Charbonnages de Monceau, Fontaine et Martinet, à Monceau-sur-Sambre (Belgique).
- Rigo** (EUGÈNE), ingénieur de l'usine de Saint-Marcel (Société de Vézin-Aulnoye), à Hautmont (Nord).
- Riollet** (JULES), ingénieur des industries diverses de la Compagnie des mines de Blanzay, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Rivet** (EMMANUEL), ingénieur au Corps des mines, 9, rue de Flandres, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Rivoire** (LUCIEN), ingénieur aux Forges et Aciéries de Saint-Etienne (Loire).
- Roblaud**, ingénieur en chef des mines de Dourges, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).
- Robinet** (EMILE), ingénieur principal des mines de Nœux (Pas-de-Calais).
- Roche** (EMILE), ingénieur-directeur de la Société des fonderies et forges de Crans, à Annecy (Haute-Savoie).
- Rocher** (EMILE), concessionnaire de mines à Pamiers (Ariège).
- Rochette (de la)** (FERDINAND), ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de l'usine de La Rochette et C^{ie}, à Givors (Rhône).
- Rochon**, ingénieur aux mines de Valdonne, par Roquevaire (Bouches-du-Rhône).
- Rodet** (EDOUARD), ingénieur aux mines de la Vieille-Castille, à Prado, par Puente-al-Mahey, province de Léon (Espagne).

- Redde**, ingénieur divisionnaire aux mines de La Béraudière, près Saint-Etienne (Loire).
- Rolland** (G.), agent administratif des Aciéries de France, à Isbergues (Pas-de-Calais).
- Rolland** (LOUIS), ingénieur-directeur des forges de Douai (Nord).
- Rolland** (ETIENNE) ✱, administrateur des mines de La Mure (Isère).
- Rolland** (ALFRED), chef d'exploitation du service général du chemin de fer de Saint-Georges-de-Commiers (Compagnie de Fives-Lille), à La Mure (Isère).
- Rondeloux**, directeur des mines et usines de la Condemine, à Buxières-les-Mines (Allier).
- Rosambert** (CH.), ingénieur.
- Rostan**, directeur des mines de Banne, à Saint-Paul-le-Jeune (Ardèche).
- Rottelieur** (ALBERT), ingénieur en chef honoraire des mines de Béthune, 5, avenue des Sycomores, villa Montmorency, à Auteuil, Paris.
- Rouff** (VICTOR), constructeur d'instruments de précision, 4, rue du Grand-Moulin, à Saint-Etienne (Loire).
- Roussellier** (GUSTAVE), ingénieur des Arts et Manufactures, 11, rue de l'Arsenal, à Marseille.
- Roussellier** (JEAN), ingénieur civil des mines, 20, cours Pierre-Puget, Marseille.
- Rousset** (du), directeur de la Compagnie des Mines de la Loire, à Saint-Etienne.
- Roux** (A.), concessionnaire des mines de soufre d'Apt, Saignon et Cazeneuve, à Apt (Vaucluse).
- Roux** (CAMILLE), ingénieur aux mines de Molières-sur-Cèze (Gard).
- Roux** (ETIENNE), ingénieur civil des mines, directeur de l'usine de dynamite d'Ablon, par Honfleur (Calvados).
- Saclier** (LÉON), ingénieur en chef des travaux du fond des mines d'Anzin, à Anzin (Nord).
- Sacomney** (JULES), ingénieur aux aciéries de Hüta-Bankowa, à Dombrowa, Pologne Russe.
- Sacz-Pasthène** (E.), à Copiopo (Chili).
- Saignol**, ingénieur civil, 7, rue de la Préfecture, à Saint-Etienne.
- Saint-Phalle** (de), ingénieur civil des mines, à Saint-Bénin-d'Azy (Nièvre).
- Saint-Vaulry** (de), ingénieur aux mines de l'Escarpelle, à Flers-en-Escrebieux (Nord).
- Saladin** (EDOUARD), ingénieur civil des mines, 6, rue de Blanzay, Le Creusot (Saône-et-Loire).
- Salanson** (ALPHONSE), ingénieur civil des mines, 23, rue des Ecuries d'Artois, Paris.
- Salcilles-Clerget**, négociant à Beaune (Côte-d'Or).
- Salin** (P.) ingénieur aux mines du Creusot (Saône-et-Loire).
- Saugoy**, ingénieur-directeur des mines de la Chazotte, à La Talaudière (Loire).
- Sartiaux** (ROMAIN), propriétaire des Etablissements métallurgiques et industriels, à Hénin-Liétard (Pas-de-Calais).

- Matte**, géomètre aux mines des Salles de Gagnières (Gard).
- May (A)**, ingénieur de la Société de carbonisation aux forges de Mieres, à Mieres, Asturias (Espagne).
- Saverot (HENRI)**, ingénieur aux mines de Blanzay, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Schmidt**, ingénieur civil, 19, boulevard Haussmann, Paris.
- Schneider (PAUL) ***, président du Conseil d'administration de la Compagnie des mines de Douchy, 32, rue de la Ville-l'Evêque, Paris.
- Scudier (MAURICE)**, ingénieur de la Société des Aciéries de France, au Gua, par Aubin (Aveyron).
- Seibel ***, directeur des mines de Campagnac, à Cransac (Aveyron).
- Seigle**, ingénieur aux usines Saint-Jacques, à Montluçon (Allier).
- Sépulchre**, directeur de l'usine de Maxéville, près Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Serre (de)**, ingénieur aux Houillères de Saint-Etienne.
- Servonnat (CH)**, ingénieur aux mines de la Bouble, à Saint-Eloy (Puy-de-Dôme).
- Sille**, ingénieur divisionnaire aux mines de Nœux, à Barlin (Pas-de-Calais).
- Simon (AUGUSTE)**, ingénieur aux mines de Liévin (Pas-de-Calais).
- Simon (A.-B.) ***, ingénieur, rue de la République, 8, à Montpellier (Hérault).
- Simon (A.)**, ingénieur civil, 55-56, Bishopsgate street, London E. C. (Angleterre).
- Simon (RENÉ)**, ingénieur civil des mines, 41, rue Gambetta, Saint-Etienne.
- Soboul**, ingénieur à la Compagnie des mines de la Grand'Combe, (Gard).
- Société anonyme des fonderies et forges de Montataire**, 16, rue Le Peletier, Paris.
- Société anonyme de mécanique industrielle d'Anzin**, à Anzin (Nord).
- Société anonyme des forges et aciéries de Firminy** (Loire).
- Société anonyme des charbonnages du Nord de Charleroi**, à Roux (Belgique).
- Société anonyme des hauts-fourneaux et fonderies de Pont-à-Mousson** (Meurthe-et-Moselle).
- Société anonyme des houillères de Meurchin**, à Meurchin (Pas-de-Calais).
- Société Cockerill**, à Seraing (Belgique).
- Société houillère de Liévin** (Pas-de-Calais).
- Société anonyme des mines de Czeladz Sosnowice** (Pologne Russe).
- Société « L'Eclairage électrique »**, 15, place Vendôme, Paris.
- Société anonyme des hauts-fourneaux de Maubeuge** (Nord).
- Société des mines de Lens**, 91, rue Nationale, à Lille (Nord).
- Société anonyme des Mines de la Loire**, à Saint-Etienne.

- Société des mines de Carmaux**, 35, rue Pasquier, Paris.
- Société anonyme des forges et aciéries de Huta-Bankowa**, à Dombrowa, (Pologne Russe).
- Société anonyme des anciens Etablissements Cail**, 21, rue de Londres, à Paris.
- Société anonyme des Houillères de Saint-Etienne**, 13, rue des Jardins, Saint-Etienne.
- Société française des poudres de sûreté** (brevet Favier), 62, rue de Provence, à Paris.
- Société anonyme des houillères et du chemin de fer d'Epinaç** (Saône-et-Loire).
- Société anonyme de la Vieille-Montagne**, à Moresnet, par Mentzen (Belgique).
- Société de Commentry-Fourchambault**, à Montluçon (Allier).
- Société anonyme de Commentry-Fourchambault**, à Decazeville (Aveyron).
- Société anonyme des forges de Châtillon et Commentry**, 19, rue de la Rochefoucauld, Paris.
- Société minière et métallurgique de Penarroja**, 12, place Vendôme, Paris.
- Sogno** (EUGÈNE), ingénieur, cabinet d'études minières, 20, rue Es-Sadikia, à Tunis (Tunisie).
- Sohler** (ANTOINE), ingénieur-directeur-gérant de la Société anonyme des charbonnages du Nord de Flénu, Ghlin-lez-Mons (Hainaut), Belgique.
- Solvay et Cie**, fabricants de produits chimiques, à Varangéville-Dombasle (Meurthe-et-Moselle).
- Soubeyran** (A.), ingénieur en chef au Corps des mines, 3, square La Bruyère, Paris.
- Souchon** (EUGÈNE), ingénieur à Salindres (Gard).
- Soulages** (AUGUSTE), contrôleur des mines, 10, cours Fauriel, Saint-Etienne.
- Soulary** (CLAUDIUS), ingénieur-directeur de la Société Houillère de Ligny-lez-Aire, à Estrée-Blanche (Pas-de-Calais).
- Sovignet** (JOSEPH), ingénieur aux hauts-fourneaux de Chasse (Isère).
- Stein** (ADOLPHE), constructeur de câbles, à Danjontin, Belfort.
- Steinbach** (VICTOR), ancien maître de forges, 38, rue de Livourne, à Bruxelles (Belgique).
- Stiévenard**, fabricant de câbles, à Lens (Pas-de-Calais).
- Suisse**, ingénieur en chef aux mines de Blanzay, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Suhr** (JEAN), ingénieur aux aciéries Jacob Holtzer et C^e, à Unieux (Loire).
- Supervielle** (RENÉ), ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de la Société métallurgique de l'Ariège, 22, rue d'Athènes, Paris.
- Szpreglewski** (JEAN), agent général de la Société française des poudres de sûreté, 47, rue Montaud, Marseille.
- Tacquet** (J.), ingénieur-directeur des mines de Meurchin, par Bauvin (Pas-de-Calais).

- Taragonet** (E.), directeur général des Aciéries de France, 29, quai de Grenelle, Paris.
- Tardivat** (L.), ingénieur, 2, cours Victor-Hugo, Saint-Etienne.
- Tausin** ✱, ingénieur en chef des mines, directeur de l'Ecole des mines de Saint-Etienne.
- Tay** (TOUSSAINT), ingénieur à Decazeville (Aveyron).
- Tellier** (LÉON), ingénieur-directeur-gérant des mines de Pola de Lena, à Pola de Lena, Asturies (Espagne).
- Terrailhon** (H.), ingénieur civil des mines, les forges de Buglose, près Dax (Landes).
- Terrel** (EDMOND), ingénieur, 7, rue Daval, Paris.
- Terrier** (LÉON), ingénieur de la fosse n° 4 des mines de Nœux, à Hersin-Coupigny (Pas-de-Calais).
- Tétard**, ingénieur à Aniche (Nord).
- Theuriot** (LÉON), ingénieur civil, boulevard Victor-Hugo, à Nevers (Nièvre).
- Thiébaud**, ingénieur divisionnaire aux mines de Rochebelle (Gard).
- Thiébaud** (FERNAND), ingénieur métallurgiste, à Marchiennes-au-Pont (Belgique).
- Thiéry**, ingénieur aux mines de Courrières, à Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Thiry** (CHARLES), ingénieur-directeur de la Compagnie des mines de l'Escarpelle, à Flers-en-Escrebieux (Nord).
- Thiry** (FLORIMOND), ingénieur civil, industriel à Maubeuge (Nord).
- Thiry** (Jos.), ingénieur, 255, avenue Van-Volxem, à Forest-les-Bruxelles (Belgique).
- Thomas** (FERDINAND), ingénieur aux mines de La Faverge, à Grand' Croix (Loire).
- Thomas** (A.), contrôleur principal des mines en retraite, à Privas (Ardèche).
- Thorez**, ingénieur-directeur des mines d'Azincourt, 6, quai Saint-Maurand, à Douai (Nord).
- Timmermans** (FRANÇOIS), ingénieur-directeur-gérant des ateliers de construction de la Meuse, à Liège (Belgique).
- Tixier** (FRANÇOIS), ingénieur civil des mines, rue de Caumartin, 52, Paris.
- Tomson** (E.), ingénieur honoraire des mines, directeur des charbonnages Gneisenau, Preussen et Scharnhorst (Harpener Bergbau-Aktion Gesellschaft), consul de Belgique, Ostwall, 36, à Dortmund (Westphalie).
- Testivint** (JEAN), ingénieur aux mines de Blanzay, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Touren** (G.), ingénieur aux mines de Lalle, à Bessèges (Gard).
- Trasenster** (PAUL), ingénieur honoraire des mines, professeur à l'Ecole des mines de Liège, 53, boulevard d'Avroy, à Liège (Belgique).
- Tremouille**, ingénieur à la houillère de Deneuille-les-Mines, par Villefranche (Allier).
- Trouffet** (JULES), maître de verreries, à Dorigny-les-Douai (Nord).

- Trognon**, ingénieur aux mines d'Anzin, à Condé-sur-Escaut (Nord).
- Trollat**, ingénieur, 82, avenue de Royat, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Umbach**, ingénieur des ateliers de constructions de l'Horme, par Saint-Chamond (Loire).
- Urbain** (F.), ingénieur des Arts et Manufactures, sous-inspecteur de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est (Service des Combustibles), 6, avenue du Trocadéro, Paris.
- Valliot** (CLAUDE), contrôleur des mines, à Privas (Ardèche).
- Valdot** (LOUIS), ingénieur civil des mines, 25, rue de la Loire, à Saint-Etienne.
- Valette** (LOUIS), ingénieur-directeur de la Société de la Vieille-Montagne, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Valez** (O.), ingénieur aux ardoisières d'Anjou, à Renazé (Mayenne).
- Valla** (L.), ingénieur civil des mines, 21, rue Espérandieu, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Valton** (F.) ✱, ingénieur civil, 19, parc de Montretout, Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
- Vandenpeereboom** (E.), ingénieur des mines et charbonnages Artistes Xhorré, 15, rue d'Artois, à Liège (Belgique).
- Vanhassel** (PROSPER), ingénieur-directeur des travaux de la Société anonyme des charbonnages du Couchant du Flénu, à Quarezum (Belgique).
- Vauvillier** (FÉLIX), ingénieur en chef des mines de S. M. I. le Schah, à Téhéran (Perse).
- Verdier** (EUGÈNE), ingénieur, 7, rue Logelbach, Paris.
- Verdière** (de), ingénieur des mines, à Moulins (Allier).
- Verdillon** (de), ingénieur sous-directeur des usines de Commentry (Allier).
- Verdun**, ingénieur aux mines de Decazeville, à Combes, par Aubin (Aveyron).
- Verlant**, ingénieur au Corps des mines, inspecteur principal du chemin de fer P.-L.-M., à Saint-Etienne (Loire).
- Vermorel**, ingénieur aux Aciéries de France, à Aubin (Aveyron).
- Verny** (LÉONCE), ingénieur au Pont-d'Aubenas (Ardèche).
- Vertongen** (CHARLES), ingénieur honoraire des mines, co-gérant de la maison Vertongen-Goëns, 41, rue d'Arras, à Douai (Nord).
- Vertongen-Goëns** (ALBERT), de la maison Vertongen et Harnegnies, fabricant de câbles, à Auby-lez-Douai (Nord).
- Verzat**, ingénieur attaché à la Société des Ardoisières de l'Anjou, à Segré (Maine-et-Loire).
- Viaila** (GUSTAVE) ✱, ingénieur-directeur des mines de Liévin, à Liévin (Pas-de-Calais).
- Viaila** (EUGÈNE), ancien directeur des mines de Lalle, ingénieur civil des mines, rue Léopold-Robert, 3, Paris.
- Viallatoux**, directeur de la Société des Verreries de Pont-Saint-Esprit (Gard).

- Vialleton** (J.), ingénieur civil, 31, rue Lesdiguières, à Grenoble (Isère).
- Vicatre** (EUGÈNE) ✱, inspecteur général des mines, professeur à l'Ecole des mines, 30, rue Gay-Lussac, Paris.
- Vignolle** (Louis), ingénieur civil, propriétaire-gérant du Gaz de Wimille-Wimereux (Pas-de-Calais).
- Villain**, ingénieur au Corps des mines, 57, rue Stanislas à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Villain fils et Cie**, constructeurs, 18, rue des Rogations, à Lille (Nord).
- Villet**, ingénieur aux mines de Lens (Pas-de-Calais).
- Villet**, ingénieur des mines du Cros, près Saint-Etienne (Loire).
- Villiers** ✱, directeur de la Société anonyme des Houillères de Saint-Etienne (Loire), 13, rue des Jardins, Saint-Etienne.
- Villiers** (HENRY), ingénieur d'usines à gaz, bureau de M. de Lachomette, 4, quai de la Pêcherie (Lyon).
- Vincens** (Ch.), directeur des mines de Dombrova, à Krivoi-Rog, gouvernement de Kherson (Russie méridionale).
- Virely** (P.), ingénieur aux mines d'Anzin, à Anzin (Nord).
- Visco**, ingénieur, 31, rue de Lyon, à Givors (Rhône).
- Vitali** (comte Pa.), ingénieur, 7, rue Tilsitt, Paris.
- Vitalis**, ingénieur à la Société ottomane d'Héraclée, à Zougouldack, par Constantinople.
- Vivier** (J.), ingénieur de la Société française des charbonnages du Tonkin, à Hongay, par Haiphong (Tonkin).
- Voiret**, ingénieur civil, à Menat (Puy-de-Dôme).
- Voisin** (H.), ingénieur au Corps des mines, directeur des mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Firminy (Loire).
- Vuillemin** (E.), O. ✱, ingénieur, ancien gérant de la Compagnie des mines d'Aniche, à Douai (Nord).
- Vuillemin** (GEORGES), ingénieur civil des mines, 6, avenue Gambetta, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
- Vuillot** (A.), ingénieur divisionnaire aux mines de Marles (Pas-de-Calais).
- Walkenaer** ✱, ingénieur au Corps des mines, 218, boulevard Saint-Germain, Paris.
- Waldthausen** (OSCAR), ingénieur directeur-gérant de la Société d'Aremberg, à Essen-sur-Rhur (Prusse Rhénane).
- Walton-Brown**, esq., 5, Lambton Road, Newcastle-upon-Tyne (Angleterre).
- Wauthy**, maître de fonderies, à Sin-le-Noble, près Douai (Nord).
- Wetss** P., ingénieur au Corps des mines, directeur des mines d'Héraclée, 78 bis, avenue Henri-Martin, Paris.
- Wencellus** fils, chimiste à Micheville (Meurthe-et-Moselle).
- Wencélius** (LÉON), ingénieur à Niederbronn (Alsace).
- Wendel** (de) (HENRI), maître de forges, Hayange, près Metz, (Lorraine).
- Wendel** (de) (ROBERT), maître de forges, Hayange, près Metz, (Lorraine).

Wender, ingénieur-directeur des mines de sel et salines de Saint-Nicolas (Meurthe-et-Moselle).

Wertheim (CLÉMENT J.-M.), ingénieur des mines de Delasse, gouvernement des Indes Néerlandaises à Bliupe, Ile de Banka.

Worms de Romilly *, inspecteur général des mines, 7, rue de Balzac, Paris.

Wurgler *, professeur d'exploitation des mines à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, 7, rue Viète, à Paris.

Xhignesse, chef de service de la forge de Tamaris, près Alais (Gard).

Ybran (GIRONINO), ingénieur en chef des mines à Oviedo (Espagne).

Zipperien (A), ingénieur, 21, rue Ballu, Paris.

Zoude (PAUL), ingénieur, directeur des Houillères untes du bassin de Charleroi, à Ransart (Belgique).

Zyromski (THÉODORE), ingénieur civil des mines, 87, avenue de Villiers, Paris.

NOMBRE DE MEMBRES : 1000.

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

PAR DÉPARTEMENTS

ALLIER

Anglès-Dauriac.	Léveillé.
Balleydier.	Lévy (Ch.).
Bayle (C.).	Martenot.
Bodard.	Martinet.
Bonnel.	Mesuré.
Boutonnet (H.-G.).	Mignot.
Boutonnet (J.-M.)	Nicolas.
Buisson (Ch.).	Nouel.
Charpy.	Pélissier.
Demont.	Pinel.
Duchet.	Piron.
Fabre.	Potier (A.).
Faibie.	Ravat.
Faugière.	Rondeleux.
Félix.	Seigle.
Groslier.	Société Commentry-Fourchambault.
Héliot.	Tremouille.
Houillères de Commentry.	Verdière (de).
Jardé.	Verdillon (de).
Larchet.	
Lemière.	

ALPES-MARITIMES

Baldeyrou.	Laprunière.
Fagès (A.).	Manhès (A.).

ARDÈCHE

Couderc.	Marijon.
Dantin (J.).	Rostan.
Decemond.	Thomas (A.).
Durand.	Vaillot.
Lévêque.	Verny.

ARDENNES

Degangles (A.).
Dufour (Ch.).

| Lucius (P.).

ARIÈGE

Laurent (A.).
Rendu.

| Rocher.

AUDE

Gary.

AVEYRON

Boudouresque.
Cabon.
Caillot.
Camus.
Chapoton.
Clavelly.
Combalot.
Devun (Cl.)
Grange.
Péguet.

| Picandet.
| Planchard.
| Scudier.
| Seibel.
| Société de Commentry-Four-
| chambault.
| Tay.
| Verdun.
| Vermorel.

BASSES-ALPES

Aresten.

BELFORT

Stein.

BOUCHES-DU-RHÔNE

Alexis.
Armand.
Bardon.
Baumann.
Bessard.
Carle.
Charbonnages des Bouches-du-
 Rhône.
Charlon.
Desbief.
Dianous (de)
Domage.
Faye.

| Gaz et Hauts-Fourneaux de
| Marseille.
| Leclère.
| Martel.
| Nony.
| Oppermann.
| Périssel.
| Poutet.
| Rochon.
| Rousselier (G.).
| Rousselier (J.)
| Szpreglewski.
| Valla:

Roux (E.).	CALVADOS
Pialat (P.).	CANTAL Pochat.
Boisgrollier (de). Cartoux.	CHER Chaine.
Saleilles-Clerget.	COTE-D'OR
Deville (J.-B.)	CREUSE Mines d'Ahun.
Forges d'Audincourt.	DOUBS
Durand (J.).	DROME Regnard.
Letaud.	EURE
Astier.	GARD Cordier.
Audoyer.	Cossange.
Badin.	Cuvelette.
Baille.	Darodes.
Barrault.	Delafosse.
Baudrand.	Destival.
Beau.	Domergue.
Bertharion.	Dubost (F.).
Bonnes.	Duny.
Bonnevay.	Escalier.
Boyer (G.).	Gavet.
Brun (Pr.).	Giffard.
Castanier (G.).	Glorieux.
Chalmeton (F.).	Gudin du Pavillon.
Charles-Messauce.	Hutter (A.).
Charreton.	Jeandon.
Charvet.	Laforce.
Cluzel.	Lajudie (de).

Laurans.
 Lavigne.
 Layre.
 Lombard.
 Malartre.
 Marsaut.
 Maureau.
 Mazodier.
 Nègre.
 Nolibois.
 Olivier.
 Panse.
 Péchiney.
 Pellet (E).
 Petit (Paul).
 Peyre (E).

Peyre (L.).
 Peyre.
 Place (de).
 Polge (U.).
 Randabel.
 Raspal.
 Ratelade.
 Reboul.
 Roux (C.).
 Satte.
 Soboul.
 Souchon.
 Thiébaud.
 Touren.
 Viallatoux.
 Xhignesse.

GARONNE (HAUTE-)

Caldaya.
 Dougados.
 Laromiguière.

Meurgey.
 Valette.

GIRONDE

Frayse.
 Hermet.
 Langlade (de).

Michard.
 Renous.

HÉRAULT

Auzépy.
 Bajard.
 Cordier (E.).
 Feyte.
 Fontaine (P.).
 Guilhaumat (A.).

Mettrier.
 Noviant.
 Parisse (F.).
 Pinmartin.
 Simon (A.-B.).

ILLE-ET-VILAINE

Gollion.

ISÈRE

Bouvier.
 Brun.
 Charentenay (de).
 Fonteilles (H.)
 Jacquet.
 Mercier (F.).
 Peyralbe.

Pinat.
 Primat.
 Rolland (E.).
 Rolland (A.).
 Sovignet.
 Vialleton.

JURA

Audemar.

LANDES

Terraillon.

LOIRE

Allimand.
 Arbel.
 Aulanier.
 Babu.
 Badiou.
 Balazuc.
 Baraige.
 Baretta.
 Barralon.
 Batut.
 Bedel.
 Bélanger.
 Benoît (Fleury).
 Bernard (F.).
 Berne.
 Bethenod.
 Beutter.
 Biehler.
 Biéatrix.
 Blanc.
 Bonjour.
 Bonneville (de)
 Bouchut.
 Boudinhon.
 Bouteille.
 Brérault.
 Broyet.

Brustlein.
 Buisson (Cl.).
 Cacarrié.
 Castellan.
 Chalicarne.
 Chambre de commerce de Saint-
 Etienne.
 Chanial.
 Chansselle.
 Charousset.
 Charvet (H.).
 Chavanne.
 Chevalier.
 Cholat.
 Chomienne (P.).
 Clair.
 Claudinon.
 Clermont.
 Coignet.
 Combeau.
 Comité des Houillères de la
 Loire.
 Compagnie des forges de
 l'Horme.
 Coste.
 Couchoud (A.).
 Couffinhal.

Crozet.	Laponche.
Dalzon.	Lasserre.
Danis	Lavé.
Déflassieux.	Laveaux.
Denogent.	Laville.
Desjoyaux.	Leblanc.
Desvignes.	Leproux.
Devillard.	Leseure.
Devun.	Liénard.
Deyrieux.	Lyonnet.
Douvreleur.	Mallet.
Drillon.	Malplat.
Druges.	Marrel (J.).
Dubost (J.).	Marrel (L.).
Duc.	Marrel (H.).
Duplay.	Maurice (P.-E.).
Du Puy.	Maussier.
Durand.	Ménessier.
Evrard (Max).	Michalowski.
Faure (C.).	Micol.
Friedel.	Mines de Roche-la-Molière et Firminy.
Garand.	Mirc.
Gardon.	Montgolfier (de).
Gauthier-Dumont.	Mortier.
Girard F.	Mouille.
Gorrand.	Murgue.
Grand'Eury.	Nan.
Griot.	Nicolet.
Grobot.	Oehler.
Guillot.	Pasquet.
Harmet.	Patelin (P.).
Holtzer (J. et C ^{ie}).	Payen.
Holtzer (P.).	Perillon.
Houillères de Saint-Chamond.	Perrève.
Huard de la Mare.	Perrin.
Hugot.	Petit (Paul).
Hutter (E.).	Peycelon.
Imbert frères.	Picaud.
Landrивon.	Pocquet.
Lanet.	Ponsonnard.
Lapierre.	

Potier (J.).	Société des Mines de la Loire.
Radisson.	Société des Houillères de
Redon.	Saint-Etienne.
Revol.	Soulages.
Reymond.	Suhr.
Reynaud.	Tardivat.
Rivoire.	Tauzin.
Rodde.	Thomas (F.).
Rouff.	Umbach.
Rousset (du).	Valdot.
Saignol.	Verlant.
Sangoy.	Villet (F.).
Serres (de)	Villiers.
Simon (R.).	Voisin.
Société des Aciéries de Firminy.	

HAUTE-LOIRE

Biguet.	Denier.
Binachon.	Huchon.
Charrier.	Moulin.
Chenet.	Renlé.

LOIRE-INFÉRIEURE

Besset.	Jacquier.
Davy.	Lardy.
Fouletier Pierre.	Rivet.

LOT

Chastelain.

LOT-ET-GARONNE

Franc-lieu (de)

MAINE-ET-LOIRE

Larivière.	Pernin.
Leydier.	Verzat.

MARNE

Mathieu.

MARNE (HAUTE-)

Ferry.	Mauroy (de).
Giros.	

MAYENNE

Valez.

MEURTHE-ET-MOSELLE

Aerts.	Lebrun.
Ardizzone (Ch.).	Lespinats (de)
Barachon.	Majer de Lewalt.
Blanc (H.).	Marange.
Degoutin.	Mercier (J.).
Demonet.	Sépulchre.
Aciéries de Longwy.	Fonderies de Pont-à-Mousson.
Escale.	Solvay et C ^{ie} .
Fould-Dupont.	Villain.
Gouvy.	Wencelius.
Guerreau.	Wender.
Hansel.	

MORBIHAN

Autissier.	Giban.
Debicki.	

NIÈVRE

Adenot.	Dauphin.
Busquet.	Mines de Decize.
Chapoteau.	Saint-Phalle (de)
Cuchet.	Theuriot.

NORD

Antoine.	Chadefaux.
Barrillon.	Charpentier.
Barry.	Colette.
Barthélemy.	Collignon.
Baudot.	Cosset-Dubrulle.
Bellenger.	Courtois.
Bergaud.	Darphin.
Boisseau.	Davaine.
Bovio.	Decout.
Buchet.	Delcroix.
Cabassut.	Denoyelle.
Cambessédès.	Deverne.
Carteron.	Dincq.

Dombre.
 Dubois (J.).
 Dubois fils.
 Duffieux.
 Dumont (E.).
 Durand (J.).
 Dutreix.
 Engelbach.
 Eynac.
 Favier.
 Fourcy.
 François (A.).
 Frère (A.).
 Guinamard.
 Harmegnies.
 Herscher-Geneste (E.).
 Hutter (M.).
 Janssens de Burges.
 Joly.
 Kuss.
 Lacroix.
 Lallemand.
 Lefèvre (L.-E.).
 Leharle (G.).
 Lemay.
 Lenclud.
 Levavasseur.
 Maillet.
 Malissard-Taza.
 Malissart.
 Martin (Ch.).
 Martin (E.).
 Moulinier.

Moutté.
 Neu.
 Noblet.
 Parent (L.).
 Pelabon.
 Pérès.
 Piédana.
 Piérart.
 Portier (P.).
 Poteau.
 Résimont.
 Rigo.
 Rolland (L.).
 Saclier.
 Saint-Vaulry (de)
 Société des Mines d'Anzin.
 Société de mécanique industrielle d'Anzin.
 Société des mines de Lens.
 Société des Hauts-Fourneaux de Maubeuge.
 Tétard.
 Thiry (Ch.).
 Thiry (F.).
 Thorez.
 Treuffet.
 Trognon.
 Vertongen (Ch.).
 Vertongen-Goens (A.).
 Villain et C^{ie}.
 Virely.
 Vuillemin (E.).
 Wauthy.

PAS-DE-CALAIS

Agniel.
 Alayrac.
 Baily.
 Banquart.
 Bar.
 Bergerat.

Biver
 Bollaert.
 Bouchez.
 Bouriez.
 Braure.
 Bresson (L.).

Breton (L.).	Lagoutte.
Breton.	Lamborot.
Carnat.	Launay.
Carrière.	Lavaurs.
Catrice.	Leroy.
Cazaban.	Lombois.
Chaillet.	Maillard.
Chambure (de).	Malatray.
Chauvet.	Masson (A.).
Compagnie Vicoigne et Nœux.	Masson (L.).
Conte.	Mathevon.
Corin.	Mercier (L.).
Courtin.	Mines de Ferfay.
Courtin (P.).	Mines de Dourges.
Craponne.	Morin.
Delmiche.	Naissant.
Delortte.	Noguier.
Demeure.	Ovigneur.
Dessailly.	Petit (J.).
Didier.	Pierra.
Dinolre.	Pircker.
Dirand.	Portier (H.).
Doise.	Poteaux.
Domézon.	Poumairac.
Dufraigne.	Prost.
Durant (V.).	Prudhomme (J.).
Elby.	Reumaux.
Escalle.	Robiaud.
Fèvre.	Robinet.
Fontaine.	Rolland (G.).
Fougerolle.	Sartiaux.
Fumat.	Silie.
Gensse.	Simon (A.).
Gonnet.	Soulary.
Guillemin.	Stiévenart.
Havard-Duclos.	Tacquet.
Houillères de Liévin.	Terrier.
Houillères de Meurchin.	Thiéry.
Jardel.	Vialla (G.).
Juquelier.	Vignolle.
Laclautre.	Villet (A.).
Laffité.	Vuillot.

PUY-DE-DOME

Baudot.	Lachapelle (de).
Beaudrey.	Marignier.
Borrel.	Matheron (E.).
Damont.	Morgues (de).
Delas.	Patelin (L).
Fayol (P).	Servonnat.
Genreau.	Trollat.
Hulster (de).	Voiret.

PYRÉNÉES-BASSES

Delay.	Franck-Salomon.
Détanger.	Magnien.
Duclos.	Prudhomme.

PYRÉNÉES-HAUTES

Fieuzet.

PYRÉNÉES-ORIENTALES

Combe.	Duthu.
--------	--------

RHONE

Arnaud.	Ingénieur-directeur de l'Association Lyonnaise des propriétaires d'appareils à vapeur (Desjuzeur).
Baure.	Lebreton.
Béguin.	Manhès (P).
Boissieu (de).	Michel.
Chambon.	Ozier.
Chantiers de la Buire.	Pochon.
Chavanis.	Ract-Madoux.
Cunit.	Recolin.
Devillaine.	Rochette (de la).
Devillaine (E.).	Villiers (H.).
Freydier-Dubreull.	Viséo.
Grévon (A.).	

SAONE (HAUTE-)

Baissac.	Minier.
Mines de Ronchamp.	Poussigue.

SAONE-ET-LOIRE

Batault.
 Bayle (P.).
 Bessy (G.).
 Bessy (J.).
 Boisset-Glassac (de).
 Bonnote.
 Botton.
 Brosse.
 Cambray.
 Chadeffaux (M.).
 Chagot et Co.
 Chainé.
 Champy.
 Chamussy.
 Cohade.
 Cornesse.
 Coureau.
 Cuchet (L.).
 Desbans.
 Divary.
 Dovillez.
 Dupont de Dinechin.
 Durand (O.).
 Etablissements Cail.
 Franchieu (de) (X.).
 Galland (L.).
 Gauthier de Bellefond.

Graillot (D.).
 Graillot (L.).
 Graillot (F.).
 Lagarde (de).
 Lauras.
 Levet.
 Martin (X.).
 Mathet (L.).
 Maubeck.
 Menu.
 Mouillon.
 Nougarede.
 Nugue.
 Perroy.
 Piffaut.
 Pinette (G.).
 Pinette (P.).
 Poisot.
 Raymond.
 Riollot.
 Saladin.
 Salin.
 Saverot.
 Société Houillère d'Epinaç.
 Suisse.
 Tostivint.

SAVOIE

Corbière.

| Feyen.

SAVOIE (HAUTE-)

Roche.

SEINE

Aguillon.
 Albran (Paul).
 Amiot.
 Baer.
 Bailloud.
 Barbier.

Bastide.
 Bazire.
 Bel.
 Beudin.
 Billy (de).

Boissières.	Déville (V.).
Bonnet (G.).	Dynamite (Société générale).
Bonvillain.	Dorion.
Bornet.	Dujardin-Beaumetz.
Bousquet.	Dumas.
Boutan.	Dupuis.
Bresson (G.).	Durassier.
Brice.	Euverte.
Brichaux.	Evrard (A.).
Brüll.	Faure (J.).
Burthe.	Fayol (H.).
Carnot (A.).	Feer.
Castel.	Firminhac.
Champigny.	Fontaine (A.).
Chaumier.	Forget.
Chesneau.	Gambaro.
Chevallier (E.).	Garnier (J.).
Chosson.	Girard (A.).
Clamens.	Gruner.
Clerc.	Guilhaumat (J.).
Coince.	Guillemin-Tarayre.
Coingt.	Hardy.
Compagnie Fives-Lille.	Haton de la Goupillière.
Compagnie du Laurium.	Hennecart.
Cornuault.	Henry.
Couriot.	Hessel.
Courtin (A.).	Hinstin.
Coutrot.	Hirsch.
Crédit Lyonnais.	Humblot.
Curières de Castelnau (de).	Imbert de Vanoy.
Danton.	Jacob (E.).
Darcy.	Janet.
Dayras.	Javal.
Decorps.	Jordan.
Delafond.	Keller.
Delaval.	Kolb-Bernard.
Del Boca.	Kuhnmünch.
Delineau.	Laur (Fr.).
Demenge.	Ledoux.
Denoyelle.	Lemonnier.
Deshayes.	Lencauchez.
Desroziers.	Lequin.

Létourneau.
 Levat.
 Le Verrier.
 Lévy (L.).
 Lévy (J.).
 Lhomme.
 Lippmann.
 Lodin.
 Malot.
 Manigler.
 Mathet (F.).
 Max.
 Mercier (N.).
 Micaud.
 Michel (L.).
 Mines du Boléo.
 Mirc (P.).
 Morineau.
 Nozal.
 Nervo (de).
 Nivoit.
 Oberthür.
 Olry.
 Parran.
 Pellé.
 Pernolet.
 Petitjean.
 Petiton.
 Piala.
 Pillez.
 Pitaval (R.).
 Ponchez.
 Poulenc.
 Pourcel.

Prat.
 Rameau.
 Rateau.
 Rotteleur.
 Salanson.
 Schmidt.
 Schneider (P.).
 Société des Forges de Mont-
 taire.
 Société « Eclairage électri-
 que ».
 Société des Mines de Carmaux.
 Société des Poudres de sûreté.
 Société de Châtillon-Commen-
 try.
 Société des Mines de la Loire.
 Société des Etablissements
 Cail.
 Société de Penarroya.
 Soubeyran.
 Supervielle.
 Taragonet.
 Terrel.
 Tixier.
 Urbain.
 Verdier.
 Vialla (E.).
 Vicaire.
 Vitali.
 Walkenaer.
 Weiss.
 Worms de Romilly.
 Wurgler.
 Zipperlen.
 Zyromsky.

SEINE-INFÉRIEURE

Grille.

SEINE-ET-OISE

Valton.

| Vuillemin (G.)

SÈVRES (DEUX-)

Foujols.

SOMME

Aubert.

TARN

Bureau.

Chabaud.

Chalmeton (P.).

Compagnie des mines de Car-
maux.

Espinasso.

Grand.

Lapierre (G.).

Mathet (P.).

VAR

Allemand.

Descous.

Fonteilles (F.).

VAUCLUSE

Roux (A.).

VENDÉE

Mines de Faymoreau.

VIENNE

Mairine.

YONNE

Bardier.

LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

QUI HABITENT LES COLONIES OU L'ÉTRANGER

Colonies

ALGÉRIE

Angelvy.	Dardalhon.
Assénat.	Dumolard.
Auvergne.	Heusschen.
Bloch.	Jacob.
Castanié.	Milsom.
Cerner (de).	

ANTILLES

Doret.

NOUVELLE-CALÉDONIE

Deshouillères.	Magalon.
Fouletier (J.).	

TONKIN

Beauverie.	Mines de Kébao.
Defaix.	Portal.
Escarré.	Vivier.
Luc.	

TUNISIE

Berthier (J.).	Desportes.
Chamboredon.	Sogno.

Etranger.

ALLEMAGNE

Bœcking.	Tomson.
Boniver.	Waldthausen.
Rexroth.	

ALSACE-LORRAINE

Duvivier.	Wencelius.
Godin.	Wendel (H.) (de).
Houillères de Stiring.	Wendel (R.) (de).
Laigneaux.	

ANGLETERRE

Galloway.	Walton-Brown.
Le Neve Foster.	Simon (A.).

AUSTRALIE

Charra.

AUTRICHE

Gasc (P.).	Mines et Usines de l'archiduc Albert.
------------	--

BELGIQUE

Barlet.	Hanrez.
Beer.	Lechat.
Bihet.	Lezaac (de).
Blanchard.	Lormier (Ch.).
Bouquerot.	Moreau.
Bronne.	Phillippart.
Charbonnages de Marcinelle.	Riche.
Chaudron.	Société Cockerill.
Coppée.	Société des Charbonnages du Nord de Charleroi.
Déjardin.	Société Vieille-Montagne.
Deulin.	Sohier.
Dorzée.	Steinbach.
Dubois.	Thiébaud (F.).
Dumont.	Thiry (J.).
Durant (H.).	Timmermans.
François (J.).	Trasenster.
François (A.).	Vandenpeereboom.
Goffard.	Vanhassel.
Hacha.	Zoude.
Hanarte.	

BOLIVIE

Marion.

CAUCASE

Braly.

| Jasson.

CHILI

Saez-Pasthène.

CHINE

David.

EGYPTE

Reich.

ESPAGNE

Balzola (V.).

| Léon.

Benoist (P.).

| Lopez.

Boutonnet (J.-H.).

| Machavoine.

Chastel.

| Maurice (J.).

Coste.

| Rodet.

Courtin (H.).

| Say.

Evrard (P.).

| Société Penarroya à Penarroya.

Garcin.

| Société Penarroya à Azuaga.

Gromier.

| Société Penarroya à St-Quintin

Guiraud.

| Tellier.

Jullien.

| Ybran.

Largillier.

ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Andersen (Carl).

GRÈCE

Georgiadès.

| Mines du Laurium.

HONGRIE

Muguet.

INDES NÉERLANDAISES

Wertheim (Clément).

ITALIE

Lamberto-Demarchi.

| Parodi.

Mattalia.

MEXIQUE

Castanier (F.).

| Poillon.

Michot.

PÉROU

Denegri (M.-A.).

| Dignaron.

PERSE

Vauvillier.

PORTUGAL

Chapuy.

RÉPUBLIQUE-ARGENTINE

Moreteau.

RUSSIE

Aciéries de Makeevka.

Arandarenko.

Bague.

Balas.

Barbier.

Basiaux.

Bouchacourt.

Bouroz.

Cros.

Deshons.

Dubois (J.).

Faddeef (A.).

Gouvy.

Guyard.

Lamarche.

Matheron (J.-C.).

Mines de Czeladz.

Nesterowsky.

Pasquier.

Pierronne.

Piette.

Plumier.

Reymond (J.).

Ribeyron.

Saconney.

Société Huta-Bankowa.

Vincens.

SIBÉRIE

Catelin (de).

SICILE

Cervello.

| Gounot.

SUISSE

Goumoëns (de).

TURQUIE

Beau (P.).

Chevallier (L.).

| Vitalis.

Liste des Membres de la Société dont l'adresse n'est pas connue.

Blanc (E.).
 Boulanger Maurice.
 Debauche.
 Gouin Félix.
 Lafond (C.).
 Maquart.

Molliet.
 Müller.
 Pérard.
 Rebuffet.
 Rosambert.

NOMBRE DE MEMBRES : 1.090



SOCIÉTÉ DE L'IMPRIMERIE THÉOLOGIQUE — J. THOMAS ET C^{ie}

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

L'ÉCOLE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE

RÈGLEMENTS ET PROGRAMMES

La Société de l'Industrie minérale compte parmi ses membres trop d'anciens élèves de l'Ecole des mines de Saint-Etienne, pour ne pas s'intéresser aux transformations qui ont profondément modifié, depuis l'origine, l'enseignement donné dans cette Ecole aux jeunes gens qui se destinent à l'exploitation des mines et à la métallurgie. Le Conseil d'administration a donc pensé qu'il serait utile de publier dans le *Bulletin* le décret portant organisation de l'Ecole, les règlements qui le complètent et les programmes des divers cours qui sont actuellement professés.

L'ordonnance du 2 août 1816 avait organisé simplement à l'origine une « Ecole de mineurs » ; le règlement du 3 juin 1817 disait que, à leur sortie, « les élèves devaient justifier des connaissances qu'un bon maître mineur doit posséder ». Plus tard, en 1831, une nouvelle ordonnance consacrait implicitement la reconnaissance de l'Ecole comme école d'ingénieurs ; mais, avec des programmes d'admission supposant chez les élèves de simples connaissances primaires, on ne pouvait utilement aborder les cours techniques princi-

paux qu'après un complément d'études mathématiques élémentaires qui auraient été certainement mieux à leur place dans les classes préparatoires. Il fallut cependant l'intervention du Conseil municipal de Saint-Etienne et du Conseil général de la Loire jointe à celle de la Société des Anciens Elèves, pour que satisfaction fût donnée aux demandes maintes fois formulées par les professeurs et relatives à l'extension du programme d'admission et à la création d'une troisième année d'études.

Ce sont là maintenant des faits acquis depuis longtemps déjà ; l'ancienne « Ecole des Mineurs » est devenue l'« Ecole des Mines » ; les programmes d'admission ont été élargis, et la suppression des leçons de mathématiques autrefois faites à l'Ecole a permis d'apporter des développements nouveaux à l'enseignement dont les jeunes ingénieurs trouvent l'application immédiate dans l'industrie minière et dans l'industrie métallurgique.

Le décret du 18 juillet 1890 spécifie que « l'Ecole « des Mines de Saint-Etienne a pour but de former des « ingénieurs et directeurs d'exploitation de mines et « d'usines métallurgiques » ; il suffit de parcourir l'Annuaire des Anciens Elèves pour se rendre compte que ce but est atteint depuis longtemps. Les lecteurs du *Bulletin* trouveront ci-après la reproduction du décret précité et du règlement intérieur qui servent actuellement de bases à l'organisation de l'Ecole ; l'exposé des programmes des cours les renseignera ensuite sur l'enseignement que reçoivent les élèves dans leurs trois années d'études.

DÉCRET

PORTANT

ORGANISATION DE L'ÉCOLE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE

Le Président de la République Française,
Sur le rapport du Ministre des Travaux publics,
Vu l'ordonnance du 7 mars 1831, sur l'Ecole des
Mineurs de Saint-Etienne;

Vu les décrets des 30 novembre 1882, 28 août 1888
et 16 mai 1889 sur l'Ecole des Mines de Saint-Etienne,

DÉCRÈTE :

TITRE I

Institution de l'Ecole

ARTICLE PREMIER.

L'Ecole des Mines de Saint-Etienne a pour but de
former des Ingénieurs et Directeurs d'exploitations de
Mines et d'Usines métallurgiques.

L'Ecole reçoit des élèves étrangers.

Elle est placée dans les attributions du Ministre des
Travaux publics.

ART. 2.

L'enseignement de l'Ecole a pour objet spécial l'ex-
ploitation et le traitement des substances minérales.

Il comprend, à cet effet, les connaissances utiles en
exploitation des mines et préparation mécanique; méca-
nique appliquée et constructions, chemins de fer, élec-
tricité appliquée, métallurgie, analyse minérale, miné-
ralogie, paléontologie, géologie, législation, comptabilité
et économie industrielle.

L'enseignement comprend, en outre, les connaissances en analyse mathématique, mécanique rationnelle, géométrie descriptive et stéréotomie, physique et chimie, nécessaires pour aborder l'enseignement des sciences d'application.

ART. 3.

L'instruction de l'Ecole est gratuite. Toutefois les élèves seront tenus de se procurer les livres et autres objets nécessaires à leur instruction.

ART. 4.

Il est établi à l'Ecole des Mines :

1° Des collections relatives aux sciences et arts qui intéressent l'industrie minérale ;

2° Un bureau d'essais chargé de l'analyse chimique des substances minérales employées ou produites dans l'industrie minérale.

TITRE II

Administration et personnel de l'Ecole.

ART. 5.

L'Ecole est dirigée par un Ingénieur en chef des Mines qui a le titre de Directeur de l'Ecole.

Le Directeur est nommé par le Ministre.

Le plus ancien des professeurs lui est adjoint pour concourir, sous ses ordres, au service de la direction avec le titre de Directeur-adjoint.

Le Directeur-adjoint remplace le Directeur en cas de maladie ou d'absence.

En cas de maladie ou d'absence du Directeur et du Directeur-adjoint, l'Ecole est dirigée par le professeur le plus ancien du grade le plus élevé.

ART. 6.

Le Directeur est chargé d'assurer l'exécution des décrets et règlements ; il rend compte au Ministre de tout ce qui regarde l'instruction, la police et l'administration de l'Ecole. Il dirige les services annexes qui peuvent être rattachés à l'Ecole. Il est chargé de la comptabilité de l'Ecole, et éventuellement de celle des services annexes précités.

Il est conservateur de la bibliothèque et des collections.

Chaque professeur est conservateur-adjoint, sous l'autorité du Directeur, de la collection correspondant au cours qui lui est confié.

ART. 7.

L'enseignement est donné par le Directeur et des professeurs désignés par le Ministre parmi les membres du Corps national des Mines.

Il pourra être attaché à l'enseignement des professeurs-adjoints, des répétiteurs et des préparateurs de chimie ; ils sont nommés par le Ministre sur la présentation du Directeur.

Toutefois les professeurs actuels qui n'appartiendraient pas au Corps des Mines pourront être maintenus dans leurs fonctions.

ART. 8.

Le Directeur présente au choix du Ministre des candidats pour les places de surveillants des études, bibliothécaires et expéditionnaires.

Le Directeur choisit les concierges, garçons de service et hommes de peine jugés nécessaires.

ART. 9.

Le conseil de l'Ecole est composé du Directeur, président, et des professeurs.

Les fonctions de secrétaire seront remplies par le plus jeune des professeurs le moins élevé en grade.

ART. 10.

Le Conseil se réunit sur la convocation du Directeur, aussi souvent qu'il en est besoin.

Pour délibérer, la moitié plus un des Membres du Conseil est nécessaire.

En cas de partage, la voix du Président est prépondérante.

ART. 11.

Le Conseil est nécessairement appelé à délibérer sur les questions intéressant l'état des élèves, et en particulier, sur les propositions d'avancement, de redoublement ou d'exclusion de l'Ecole.

Il arrête la liste de classement d'entrée, de passage et de sortie, ainsi que la liste des prix à distribuer, s'il y a lieu; les décisions qu'il rend en ces matières ne sont susceptibles d'être réformées que pour fausse application du règlement.

Il discute et soumet à l'approbation du Ministre les programmes d'admission ainsi que ceux des cours et leçons et les règles à appliquer pour l'appréciation du travail des élèves.

Il donne son avis sur toutes les autres questions se rapportant à l'Ecole, qui lui sont régulièrement déférées.

ART. 12.

Les procès-verbaux des séances du Conseil sont transcrits sur un registre particulier et signés du Directeur.

ART. 13.

Les délibérations du Conseil ne sont exécutoires qu'après approbation du Ministre.

TITRE III**Conseil de perfectionnement****ART. 14. ⁽¹⁾**

Il est institué auprès de l'Ecole un Conseil de perfectionnement chargé de rechercher et de proposer toutes les améliorations qu'il conviendrait d'apporter à l'enseignement et à la discipline de l'Ecole.

Ce Conseil est composé comme il suit, savoir :

L'Inspecteur général des Mines de la Division,
Le Préfet du département de la Loire,
Le Président du Conseil général du département
de la Loire,

Le Maire de la ville de Saint-Etienne,

Le Directeur de l'Ecole,

Les Professeurs de l'Ecole,

Les Ingénieurs ordinaires des sous-arrondissements minéralogiques de Saint-Etienne-Est, de Saint-Etienne-Ouest et de Lyon,

Six membres pris parmi les anciens élèves de l'Ecole,

Deux grands industriels.

Les six membres pris parmi les anciens élèves de l'Ecole et les deux grands industriels sont nommés pour 3 ans. Ils peuvent être réélus.

La partie du Conseil de Perfectionnement composée des anciens élèves de l'Ecole est renouvelable par tiers tous les ans. Les deux membres à nommer chaque année sont choisis sur une liste de quatre personnes désignées par le Conseil d'administration de la

(1) Ainsi modifié par décret du 8 août 1895.

Société amicale des Anciens Elèves de l'Ecole de Saint-Etienne.

Les deux grands industriels sont choisis sur une liste de quatre personnes désignées par la Chambre de Commerce de la Ville de Saint-Etienne.

Le Conseil de perfectionnement est présidé par l'Inspecteur général des Mines de la division et, en son absence, par le Préfet du département de la Loire.

Le Directeur de l'Ecole remplit les fonctions de Secrétaire ; il est assisté, comme Secrétaire-adjoint, par le plus jeune des professeurs le moins élevé en grade. Le Conseil se réunit au moins une fois chaque année, sur la convocation de son président. En cas de nécessité, il peut être convoqué en séance extraordinaire par le Ministre des Travaux publics.

ART. 15.

Les procès-verbaux des séances du Conseil de perfectionnement sont transcrits sur un registre particulier et sont envoyés au Ministre ; ils sont signés par le Président et le Secrétaire.

TITRE IV

Des Elèves.

ART. 16.

Tout candidat aux places d'élève titulaire à l'Ecole de Saint-Etienne, doit adresser sa demande au Directeur de l'Ecole dans les délais et conditions fixés par arrêté ministériel.

ART. 17.

Tout candidat doit être Français ou naturalisé Français et être âgé de 17 ans au moins et de 26 ans au

plus, le 1^{er} janvier de l'année dans laquelle il se présente au concours d'admission.

ART. 18.

L'admission à l'Ecole n'est prononcée qu'à la suite d'un Concours public qui a lieu à Saint-Etienne, à l'époque fixée par le Ministre, devant le Directeur et les Professeurs constitués en Jury d'examen, suivant un programme fixé par arrêté ministériel. Le ministre fixe annuellement, lors de l'annonce du concours, le nombre maximum d'admissions.

ART. 19.

La liste de classement est adressée immédiatement au Ministre avec les notes et propositions du Jury d'examen.

Le Ministre arrête la liste d'admission et la transmet d'urgence au Directeur pour que celui-ci fasse établir à temps les certificats à produire par les élèves à l'autorité militaire, en conformité du règlement d'administration publique du 23 novembre 1889.

ART. 20.

Les élèves sortant de l'Ecole polytechnique qui se présenteraient pour suivre les cours d'application de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, seront admis directement dans la deuxième année d'études, pourvu qu'ils subissent avec succès, devant le Directeur et les Professeurs de l'Ecole, un examen portant sur le programme des examens généraux de première année, sauf la minéralogie.

Leur admission est prononcée par le Ministre sur les propositions du jury d'examen.

ART. 21.

Les élèves étrangers doivent présenter leur demande d'admission au Ministre des Travaux publics par l'intermédiaire du Ministre des Affaires étrangères, avant le 16 octobre ; la demande doit avoir été, au préalable, soumise par le candidat à l'agrément du représentant à Paris du gouvernement intéressé.

Les élèves étrangers subissent, avant la rentrée, un examen destiné à faire connaître s'ils sont aptes à suivre les cours.

Il est statué sur leur admission par le Ministre, sur l'avis et les propositions du Jury d'examen.

Les élèves étrangers n'obtiennent de place dans les salles d'études et au laboratoire que s'il en reste de disponibles.

ART. 22.

Le Directeur de l'Ecole peut autoriser des personnes étrangères à l'Ecole à suivre les leçons de certains cours.

Les personnes de nationalité étrangère devront faire apostiller leur demande par le représentant de leur Gouvernement en France.

TITRE V**Instruction.****ART. 23.**

Le système d'instruction de l'Ecole se compose de deux parties : l'enseignement de l'Ecole proprement dit, des voyages d'instruction.

ART. 24.

Le cours complet d'études a une durée de trois ans.

ART. 25.

L'enseignement de l'Ecole comprend :

1° Les leçons orales données par les Professeurs,

2° Des exercices pratiques consistant en :

Travaux chimiques et notamment analyses de substances minérales et de produits chimiques ;

Exercices de dessin, épures de géométrie descriptive et de stéréotomie ;

Dessins et projets relatifs aux cours d'application ;

Levers de Machines ;

Visites de Mines et d'Usines ;

Etudes sur les collections spéciales de minéralogie et de géologie ;

Courses géologiques.

ART. 26.

Les cours et les études de l'intérieur de l'Ecole commencent et se terminent aux dates fixées par le Ministre.

ART. 27.

Le Ministre fixe, sur la proposition du Conseil, la répartition des matières à enseigner entre les trois années d'études et le nombre de leçons de chaque cours ; il fixe de même le nombre d'examens partiels, la date et la durée des diverses périodes d'exercices pratiques, et la date des examens généraux de fin d'année.

ART. 28.

Les voyages d'instruction ont lieu après les cours et études de l'intérieur de l'Ecole, dans les conditions fixées par arrêté ministériel.

TITRE VI

Régime de l'Ecole.*Section I. — Discipline.*

ART. 29.

Les règlements pour le régime intérieur de l'Ecole sont arrêtés par le Ministre, sur la proposition du Conseil de l'Ecole.

ART. 30.

Les fautes commises par les élèves sont punies :

- 1° De réprimandes faites par les Professeurs ou par le Directeur;
- 2° De consignes ou présences à l'Ecole les dimanches et jours fériés;
- 3° De réduction sur les points d'assiduité et de bonne conduite;
- 4° De réprimandes faites devant le Conseil de l'Ecole;
- 5° De l'exclusion temporaire prononcée par le Conseil qui en rend compte immédiat au Ministre;
- 6° De l'exclusion définitive prononcée par le Ministre sur la proposition du Conseil.

ART. 31.

Les élèves en tenue officielle portent une tunique bleu foncé avec parements bleu clair, le pic et le marteau brodés en jaune au collet, boutons de cuivre doré ayant pour légende : « Ecole des mines de Saint-Etienne » et au centre le pic et le marteau ; képi en drap bleu clair avec bande de velours noir ; ceinturon en cuir verni, épée à poignée en cuivre doré, la garde portant le pic et le marteau.

En petite tenue, les élèves portent une casquette à deux galons d'or avec le pic et le marteau en écusson.

Un ordre de service du Directeur de l'Ecole détermine les circonstances dans lesquelles les élèves doivent prendre la tenue officielle. En dehors de ces circonstances la petite tenue sera obligatoire.

Section II. — Classement des élèves et sortie de l'Ecole.

ART. 32.

Le classement des élèves français est arrêté dans chaque promotion par le Conseil de l'Ecole à la fin de l'année scolaire.

Le rang de classement est déterminé par le nombre de points obtenus pour les examens, exercices et voyages tant dans l'année courante que dans les années précédentes, d'après les conditions fixées par arrêté ministériel.

Il est tenu compte, pour le classement, de l'assiduité aux cours et aux exercices dans les conditions fixées par arrêté ministériel.

ART. 33.

Le passage des élèves d'une année à l'autre ou la sortie de l'Ecole ne peuvent avoir lieu que si l'on a satisfait, pour l'année, aux conditions fixées par arrêté ministériel, sans que ces conditions puissent permettre d'avoir moins de 50 0/0 du total des points qui peuvent être acquis dans l'année.

Toutefois, les élèves de première année qui auraient encouru, par application de la règle précédente, la peine de l'exclusion, pourront être autorisés par le Ministre, sur la proposition du Conseil de l'Ecole, à redoubler leur première année d'études.

ART. 34.

En cas de maladie ou de toutes autres circonstances graves et exceptionnelles ayant occasionné une suspension forcée du travail, le Ministre peut, sur la proposition du Conseil, autoriser un élève à redoubler cette année.

ART. 35.

Le classement final des élèves français a lieu à la fin des exercices de 3^e année.

Le Ministre délivre un diplôme supérieur « d'ancien élève de l'Ecole des mines de Saint-Etienne, apte à exercer les fonctions d'Ingénieur » aux élèves ayant satisfait aux conditions de l'arrêté ministériel prévu à l'article 33, et qui ont obtenu 65 % au moins des points de mérite qui peuvent être acquis durant tout le cours de la scolarité. Le diplôme remis à chaque élève fait connaître son rang de sortie et le nombre total de diplômes supérieurs délivrés dans l'année.

Les élèves qui ont simplement satisfait aux conditions dudit arrêté ministériel, ne reçoivent du Directeur qu'un certificat d'études sur lequel seront inscrits le nombre de points qu'ils ont obtenus et le nombre total des points de mérite.

ART. 36.

Les élèves étrangers reçoivent du Directeur un certificat d'études sur lequel sont inscrits les notes obtenues par eux aux examens.

TITRE VII

Mesures générales.

ART. 37.

Des règlements arrêtés par le Ministre fixeront les détails d'application de toutes les dispositions qui précèdent.

ART. 38.

Sont abrogés : l'ordonnance royale du 9 mars 1831, les décrets des 30 novembre 1882, 28 août 1888 et 16 mai 1889, l'arrêté ministériel du 28 mars 1835 et généralement toutes dispositions contraires au présent décret.

ART. 39.

Le Ministre des Travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le dix-huit juillet mil huit cent quatre-vingt-dix.

Par le Président de la République :

Signé : CARNOT.

Le Ministre des Travaux publics,

Signé : Yves GUYOT.

ARRÊTÉ**PORTANT****RÈGLEMENT POUR L'ÉCOLE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE**

Le Ministre des Travaux publics,

Vu le décret du 18 juillet 1890 ;

Vu les propositions présentées par le Conseil de l'Ecole de Saint-Etienne dans ses séances des 28 novembre et 7 décembre 1889 et 7 février 1890 ;

Sur la proposition du chef de cabinet du Personnel du Secrétariat,

ARRÊTE :**Rentrée de l'Ecole.****ARTICLE PREMIER**

L'ouverture des cours de l'Ecole a lieu chaque année en novembre, au jour fixé par le Ministre.

Les élèves nouvellement admis à l'Ecole doivent se présenter chez le bibliothécaire, pour se faire inscrire et lui donner tous les renseignements qui leur seront demandés, notamment leur adresse et celle de leurs parents ou correspondants.

ART. 2.

Ils remettront entre les mains du bibliothécaire une somme de cinquante francs, qui est conservée à leur nom sous le titre de *masse*, pour garantie des dégâts. En cas d'épuisement de cette somme au cours de la scolarité, il leur sera réclamé, au même titre, un nou-

veau versement de cinquante francs. La portion non dépensée de ces sommes est remboursée à chacun, à sa sortie de l'Ecole.

Leçons.

ART. 3. ⁽¹⁾

Les cours de première année sont au nombre de huit :

Analyse mathématique ;
 Mécanique rationnelle ;
 Mécanique appliquée (1^{re} partie) ;
 Physique ;
 Analyse minérale (1^{re} partie) ;
 Minéralogie ;
 Perspective et stéréotomie ;
 Levé de plans.

La deuxième année comprend six cours :

Exploitation des mines ;
 Métallurgie (1^{re} partie) ;
 Mécanique appliquée (2^e partie) ;
 Constructions ;
 Analyse minérale (2^e partie) ;
 Géologie (1^{re} partie).

Les élèves de l'Ecole polytechnique, admis directement en deuxième année, suivront en plus le cours de minéralogie.

La troisième année comprend les cours de :

Métallurgie (2^e partie) ;
 Géologie (2^e partie) ;
 Electricité ;

(1) Ainsi modifié par arrêté ministériel du 29 septembre 1897.

Chemins de fer ;
Législation des mines et économie industrielle ;
Comptabilité.

Et en plus des conférences sur la paléontologie végétale.

ART. 4.

Le jour et l'heure réguliers de chaque leçon sont indiqués sur un tableau qui reste constamment affiché à l'intérieur de l'Ecole ; les modifications qui peuvent survenir sont également annoncées par voie d'affiche.

ART. 5.

Les notes des examens sont échelonnées de 0 à 20.

Le produit de chaque note par le coefficient qui lui est attribué donne le nombre de points à attribuer à l'élève.

Il en est de même pour les notes des exercices pratiques et des journaux de voyage.

ART. 6. ⁽¹⁾

Les coefficients suivants sont attribués aux divers examens et exercices pratiques :

Première année.

Analyse mathématique.....	4
Mécanique rationnelle.....	5
Mécanique appliquée (1 ^{re} partie).....	4
Physique.....	5
Analyse minérale (1 ^{re} partie).....	6
Minéralogie.....	5
Perspective et stéréotomie.....	4
Levé de plans.....	3
Exercices pratiques.....	10
	46

(1) Ainsi modifié par arrêté ministériel du 29 septembre 1897.

Deuxième année.

Exploitation des mines.....	10
Métallurgie (1 ^{re} partie).....	7
Mécanique appliquée (2 ^e partie).....	8
Constructions	5
Analyse minérale (2 ^e partie).....	3
Géologie (1 ^{re} partie).....	3
Exercices pratiques.....	10
	46

Troisième année.

Métallurgie (2 ^e partie).....	4
Géologie (2 ^e partie).....	5
Electricité.....	6
Chemins de fer.....	3
Législation des mines et économie industrielle.....	3
Comptabilité.....	1
Paléontologie végétale.....	1
Exercices pratiques.....	10
Travaux de voyage. { 1 ^{re} année.....	5
{ 2 ^e année.....	8
	46

ART. 7.

Le nombre des points obtenus en première année ne compte que pour moitié dans les années suivantes.

Pour les élèves de l'Ecole polytechnique entrés directement en seconde année, le nombre des points correspondant à la première année s'obtient provisoirement en multipliant la moyenne de leurs notes d'examen d'admission par la moitié de la somme des coefficients affectés à la première année.

Ce nombre est rectifié à la fin de la deuxième année, en substituant, en ce qui concerne la minéralogie, la

note réelle obtenue pour cette branche de l'enseignement à la moyenne de leurs examens d'admission.

ART. 8.

Tout élève qui, sans un empêchement légitime, fait défaut à un examen, au jour qui lui est assigné, reçoit la note zéro pour cet examen.

S'il s'est présenté au jour indiqué, mais trop tard pour subir son examen au rang qui lui avait été assigné, et que néanmoins l'examen lui soit accordé, il lui sera retranché un nombre de points d'assiduité qui sera fixé par le Conseil, suivant les cas.

ART. 9.

Tout retard dans la remise des divers travaux des élèves entraînera une retenue sur la note de mérite, calculée à raison d'un point par chaque jour de retard.

Exercices pratiques.

ART. 10.

Les exercices pratiques comprennent :

Des travaux de laboratoire, le dessin au trait et au lavis, les épures de géométrie descriptive et de stéréotomie, des croquis d'organes de machines et d'appareils métallurgiques ;

Des projets d'exploitation des mines, de métallurgie et de mécanique ;

Des levers de machines ;

Des levers de plans superficiels et souterrains ;

Des visites de mines et d'usines ;

Des séances aux collections,

Et des courses géologiques.

Voyages.**ART. 11.**

Après les exercices de l'Ecole et avant la rentrée, les élèves de 2^e année doivent faire un voyage d'instruction dans un district minier et métallurgique. Chaque élève doit, le jour même de sa rentrée à l'Ecole, remettre entre les mains du surveillant des études un journal détaillé de son voyage avec deux rapports spéciaux consacrés, l'un à la description d'une mine et l'autre à la description d'une usine.

Les élèves de 3^e année effectuent un voyage d'instruction dans les mêmes conditions, après les cours de cette année qui prennent fin dans la première quinzaine de mars. Ils doivent rentrer à l'Ecole et remettre à leur rentrée leurs journaux et rapports de voyage, aux dates qui leur seront fixées par le Conseil de l'Ecole.

ART. 12.

Pour la rédaction des journaux et rapports de voyage, les élèves doivent se conformer aux instructions de détail qui leur seront remises avant leurs voyages.

Classement.**ART. 13. ⁽¹⁾**

Le passage d'un élève d'une année à l'autre ou la sortie de l'Ecole ne peut être autorisé que s'il a obtenu 55 p. % au moins du total des points qui peut être acquis dans l'année.

Tout élève ne satisfaisant pas à ces conditions est exclu de l'Ecole.

(1) Ainsi modifié par arrêté ministériel du 27 octobre 1894.

Toutefois, les élèves de première année qui auraient encouru, par application de la règle précédente, la peine de l'exclusion, pourront être autorisés par le Ministre, sur la proposition du Conseil de l'Ecole, à redoubler leur première année d'études.

Un avertissement est donné à tout élève qui, aux examens partiels d'une même période, aura eu deux notes ne dépassant pas 8 ou une seule note ne dépassant pas 4, ou dont la moyenne générale pendant la même période sera inférieure à la moitié du maximum.

Tout élève qui aura encouru deux avertissements dans la même année, cessera, par ce fait même, de faire partie de l'Ecole.

Les élèves ayant encouru un seul avertissement, au cours d'une année scolaire, devront, sous peine d'exclusion, atteindre, aux examens généraux de fin d'année, le chiffre de 24 pour le total de leurs trois moindres notes.

L'exclusion sera de même prononcée à l'égard de tout élève qui, n'ayant encouru aucun avertissement pendant l'année scolaire, n'aura pas atteint, aux examens de fin d'année, le chiffre de 21 pour le total de ses trois moindres notes.

Prix.

ART. 14.

Le Conseil peut attribuer, dans la limite des crédits inscrits à cet effet dans le budget de l'Ecole, des prix aux élèves de chaque année qui se seraient particulièrement distingués.

Ces prix consistent en livres de sciences, traités d'exploitation, de machines, de métallurgie ou de géologie.

Bibliothèque.**ART. 15.**

La bibliothèque de l'Ecole des Mines est ouverte aux élèves de neuf heures à onze heures et demie du matin, et de deux heures à six heures du soir, pendant toutes les périodes d'enseignement et d'exercices.

ART. 16.

Aucun ouvrage ne peut sortir de la bibliothèque à moins d'une autorisation spéciale et écrite du Directeur.

ART. 17.

L'emploi de l'encre est prohibé à la bibliothèque, les élèves ne pourront faire usage que du crayon pour prendre des notes ou relever des croquis.

Discipline.**ART. 18.**

Les élèves doivent être présents à l'Ecole tous les jours pendant la période des cours et exercices intérieurs, de huit heures du matin à onze heures et demie et de deux heures à six heures du soir.

L'appel des élèves sera fait par les soins des surveillants des études, à huit heures du matin et à deux heures du soir.

ART. 19.

Si un élève a des motifs légitimes pour quitter l'Ecole avant l'heure réglementaire, il peut en obtenir l'autorisation du Directeur.

Sauf le cas de maladie, aucun élève ne peut s'absenter un ou plusieurs jours sans l'autorisation du Directeur.

ART. 20.

Lorsqu'un élève est malade ou indisposé sans garder la chambre, il doit se présenter à la consultation du médecin de l'Ecole pour faire constater son état et recevoir un certificat qui sera remis au surveillant des études à la rentrée de l'élève.

Si l'élève malade garde la chambre, il doit en avertir le Directeur de l'Ecole, qui transmettra cet avis au médecin. Celui-ci visitera l'élève malade à domicile.

ART. 21.

Il est tenu compte pour le classement final de l'assiduité aux cours et exercices pratiques et de la bonne conduite. A cet effet, il est attribué à chaque élève 40 points d'assiduité pour chaque année scolaire. Une absence non justifiée entraîne la perte de 1 point.

Est réputé absent tout élève qui aura manqué à l'appel.

ART. 22.

Tous les élèves sont tenus de prendre des notes aux cours. Ils doivent apporter leurs cahiers de notes aux examens oraux et les présenter aux examinateurs qui en tiennent compte dans la fixation des notes d'examen.

ART. 23.

Des interrogations individuelles peuvent être faites au commencement et à la fin des leçons.

Toute réponse absolument insuffisante rend l'élève passible de mauvais points.

ART. 24.

Les élèves occupent aux amphithéâtres, aux salles d'études et au laboratoire les places à eux attribuées par le Directeur de l'Ecole.

ART. 25.

Tout dégât commis dans une salle doit être réparé aux frais des élèves qui l'occupent, à moins que les auteurs du dégât ne soient connus.

Les frais sont retenus sur les masses des élèves.

ART. 26.

Le Directeur a la police de l'Ecole.

Chaque professeur a la police de la salle des cours pendant la durée de sa leçon.

ART. 27.

L'Administration de l'Ecole fait connaître les communications aux élèves au moyen d'ordres du jour et avis affichés dans l'Ecole.

Les élèves sont tenus de prendre chaque jour connaissance de ces documents et ne seront jamais admis à prétexter de leur ignorance à cet égard.

ART. 28.

Le nom de chaque élève admis à l'Ecole sera porté sur un registre particulier tenu à cet effet. Chaque inscription formera un article distinct où seront consignés :

- 1° L'extrait des pièces produites pour l'admission ;
- 2° Les résultats des examens subis par l'élève pendant tout le cours de la scolarité ;
- 3° L'indication qu'il lui a été délivré un diplôme ou un certificat.

ART. 29.

Les élèves sont tenus de justifier à la fin de chaque mois qu'ils ont régulièrement soldé leurs dépenses de logement et de pension.

Paris, le 21 juillet 1890.

Le Ministre des Travaux publics,

Signé : YVES GUYOT.

Le Chef du Cabinet du personnel et sécrétariat,

Signé : SÉBILLOT.

ARRÊTÉ

RÉGLANT LES

CONDITIONS D'ADMISSION A L'ÉCOLE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE

Le Ministre des Travaux Publics,

Vu le décret du 18 juillet 1890 relatif à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne ;

Vu l'arrêté du 20 décembre 1890 ;

Vu les propositions présentées par le Conseil de Perfectionnement de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne dans sa séance du 20 mai 1894 ;

Vu les délibérations du Conseil de l'Ecole, en dates des 10 décembre 1894, 7 janvier et 7 mars 1895 ;

Sur la proposition du Directeur du Personnel et de la Comptabilité,

ARRÊTE :**ARTICLE PREMIER**

Les demandes d'admission à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne doivent être adressées au Directeur de l'Ecole avant le 1^{er} juillet et être accompagnées :

1° D'une copie authentique de l'acte de naissance du candidat et, au besoin, des pièces établissant sa qualité de Français ;

2° D'un certificat de bonnes vie et mœurs délivré par les autorités du lieu de son domicile et dûment légalisé ;

3° D'une déclaration dûment légalisée d'un docteur en médecine, constatant que le candidat a été vacciné ou qu'il a eu la petite vérole.

ART. 2.

Le concours pour l'admission à l'Ecole de Saint-Etienne s'ouvrira chaque année, à Saint-Etienne, du 20 juillet au 10 août, à une date qui sera fixée chaque année par le Ministre.

ART. 3. ⁽¹⁾

Les épreuves d'admission comprennent :

1° Trois examens oraux portant sur l'arithmétique, l'algèbre, la géométrie, la trigonométrie rectiligne, la géométrie analytique à deux et à trois dimensions, la géométrie descriptive, la physique et la chimie, telles qu'elles sont résumées dans les programmes annexés au présent arrêté ;

2° Une composition d'algèbre ou de géométrie analytique ;

3° Une composition de physique et de chimie ;

4° Une composition française ;

5° Une dictée ;

6° Une épure de géométrie descriptive ;

7° Un dessin à main levée d'un objet quelconque ;

8° Un calcul de trigonométrie.

Les notes de mérite, de 0 à 20, attribuées à chaque examen et à chaque composition, sont multipliées par les coefficients suivants :

Examens oraux.

Premier examen de mathématiques.....	12
Deuxième examen de mathématiques....	12
Examen de physique et de chimie.....	12

(1) Ainsi modifié par arrêté du 12 septembre 1895.

Compositions.

Algèbre ou géométrie analytique... ..	4
Physique et chimie.....	2
Composition française.....	6
Dictée.....	4
Epure de géométrie descriptive.....	6
Dessin à main levée.....	3
Calcul de trigonométrie.....	2

En outre des épreuves obligatoires ci-dessus énumérées, les candidats peuvent demander à subir une épreuve orale sur la langue allemande ou sur la langue anglaise.

La note obtenue à cette épreuve entre pour sa valeur dans le total des points de mérite si elle est égale ou supérieure à 13.

Lorsqu'un candidat demande à être interrogé sur les deux langues, il lui est tenu compte dans les mêmes conditions du résultat de chacune de ces épreuves.

ART. 4.

A la suite des compositions écrites, le jury d'admission arrête la liste des candidats admis à subir les épreuves orales.

Cette liste ne peut comprendre un nombre de candidats supérieur à deux fois et demie le nombre fixé chaque année pour les admissions à l'Ecole.

Les coefficients spéciaux attribués à chaque composition pour le classement d'admissibilité aux examens oraux sont fixés comme il suit :

Algèbre ou géométrie analytique.....	14
Physique et chimie.....	8
Composition française.....	6
Dictée.....	4

Epure de géométrie descriptive.....	6
Dessin à main levée.....	3
Calcul de trigonométrie.....	2

ART. 5.

Le élèves de l'Ecole polytechnique qui se présenteraient pour être admis dans la 2^e division d'études, conformément aux dispositions de l'article 20 du décret du 18 juillet 1890, auront à subir quatre examens oraux sur :

- 1^o L'analyse et la mécanique rationnelle ;
- 2^o La physique ;
- 3^o La chimie ;
- 4^o La géométrie descriptive et la stéréotomie, telles qu'elles sont enseignées à l'Ecole polytechnique.

ART. 6.

Est abrogé l'arrêté susvisé du 20 décembre 1890 relatif aux conditions d'admission à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne.

Paris, le 13 juin 1895.

Signé : DUPUY-DUTEMPS.

Le Directeur du Personnel et de la Comptabilité,

Signé : HENRY.

PROGRAMME
DES CONNAISSANCES EXIGÉES
POUR L'ADMISSION A L'ÉCOLE DES MINES
DE SAINT-ÉTIENNE

Le Ministre des Travaux Publics,

Vu le décret du 18 juillet 1890 relatif à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne ;

Vu l'arrêté du 13 juin 1895 complété par celui du 12 septembre 1895 ;

Vu les délibérations du Conseil de Perfectionnement et du Conseil d'Administration de l'Ecole en dates des 16 mai et 1^{er} août 1896 ;

Sur la proposition du Directeur du Personnel et de la Comptabilité,

ARRÊTE :

ARTICLE PREMIER.

Le programme des connaissances exigées pour l'admission à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne est modifié comme suit :

I. — Arithmétique.

Notions préliminaires.

Numération décimale; parlée ou écrite.

Addition et soustraction des nombres entiers. — Preuve. — Soustraction d'une différence.

Multiplication des nombres entiers. — Nombre des chiffres du produit. — Multiplication des sommes et des différences. — Théorèmes sur la multiplication.

Division des nombres entiers. — Nombre des chiffres du quotient. — Preuve de la division. — Théorèmes sur la division.

Conditions de divisibilité. — Théorèmes généraux. — Conditions de divisibilité par 2, 4 et 8, 5 et 25, 3 et 9, 11. — Preuves de la multiplication et de la division par 9 et 11.

Diviseurs communs des nombres entiers. — Plus grand commun diviseur de deux nombres entiers ; sa recherche ; limite du nombre des opérations. — Recherche du plus grand commun diviseur de plus de deux nombres entiers.

Nombres premiers. — Formation de leur table. — Décomposition d'un nombre entier en facteurs premiers. — Condition de divisibilité d'un nombre entier par un autre. — Composition du plus grand commun diviseur de plusieurs nombres entiers. — Diviseurs d'un nombre entier ; leur formation, leur nombre. — Multiples communs à plusieurs nombres entiers ; recherche du plus petit d'entre eux.

Fractions ordinaires. — Théorèmes généraux. — Simplification d'une fraction. — Réduction de plusieurs fractions au même dénominateur, au plus petit dénominateur commun. — Addition et soustraction. — Multiplication et division. — Nombres fractionnaires.

Fractions décimales. — Transformation en fractions ordinaires. — Addition et soustraction. — Multiplication et division. — Réduction des fractions ordinaires en fractions décimales. — Fractions décimales périodiques simples et mixtes. — Recherche de la fraction ordinaire génératrice d'une fraction décimale périodique simple ou mixte.

Système métrique. — Mesures de longueur, de superficie, de capacité, de poids ; monnaies. — Calcul des mesures métriques. — Comparaison des anciennes mesures avec les nouvelles. — Notions sommaires sur les mesures étrangères. — Division de la circonférence du cercle.

Carrés et racines carrées des nombres entiers. — Théorèmes généraux. — Racine carrée d'un nombre entier à une unité près.

Cubes et racines cubiques des nombres entiers. — Théorèmes généraux. — Racine cubique d'un nombre entier à une unité près.

Nombres incommensurables. — Addition, soustraction, multiplication, division, carrés et cubes, racines carrées et cubiques. — Carré et racine carrée, cube et racine cubique d'une fraction ordinaire, d'une fraction décimale.

Rapports et proportions. — Rapport de deux grandeurs, direct, inverse ou réciproque ; rapport de deux nombres. — Proportions ; théorèmes divers. — Grandeurs proportionnelles, directement, inversement. — Règles de trois, simple et composée. — Méthode de réduction à l'unité. — Règles d'intérêt simple et composé. — Rentes perpétuelles. — Annuités. — Règles d'escompte en dehors, en dedans. — Règle du partage proportionnel. — Règle de société. — Problèmes de mélange et d'alliage.

Approximations numériques. — Erreur absolue, erreur relative commise sur un nombre approché. — Erreurs absolue et relative d'une somme, d'une différence, d'un produit, d'un quotient.

Prendre un nombre à $\frac{1}{10^n}$ de sa valeur. — Extraction

de la racine carrée ou cubique d'un nombre entier à $\frac{1}{n}$ près, d'un nombre quelconque à $\frac{1}{10^n}$ près.

II. — Algèbre.

Définition de l'algèbre. — Signes et formules algébriques.

Addition et soustraction.

Multiplication des monomes et des polynomes. — Règle des signes. — Produit des polynomes ordonnés par rapport à une lettre.

Division des monomes et des polynomes. — Division des polynomes pouvant ou ne pouvant pas s'effectuer exactement. — Division des polynomes ordonnés par rapport aux puissances croissantes ou décroissantes d'une lettre. — Différences et analogies entre la division arithmétique et la division des polynomes. — Divisibilité d'un polynome par $x - a$.

Notions sur les déterminants. — Echange de deux lignes ou de deux colonnes parallèles. — Développements suivant les éléments d'une ligne ou d'une colonne.

Principes généraux relatifs aux équations. — Théorèmes divers. — Méthode de résolution par substitution.

Equations du premier degré. — Equations à une inconnue. — Equations s'y ramenant. — Equations à deux inconnues. — Equations à n inconnues. — Résolution : discussion, application des déterminants. — Impossibilité. — Indétermination. — Problèmes du premier degré. — Interprétation des solutions négatives. — Usage des nombres négatifs.

Equations du second degré. — Equation à une inconnue. — Résolution. — Racines réelles, égales, imaginaires. — Cas de $a=0$. — Résolution dans le cas de a très petit. — Relations entre les coefficients et les racines. — Décomposition du trinome $ax^2 + bx + c$ en deux facteurs du premier degré. — Equations se ramenant au second degré. — Transformation des expressions de la forme $\sqrt{a + \sqrt{b}}$. — Quelques exemples d'équations de degré supérieur au second. — Problèmes du second degré.

Inégalités. — Principes généraux. — Inégalités du premier degré à une inconnue. — Inégalités du second degré à une inconnue. — Inégalités simultanées.

Théorie élémentaire des maxima et des minima.

Calcul des valeurs arithmétiques des radicaux. — Simplification d'un radical ; puissance, racine. — Réduction de plusieurs radicaux au même indice. — Produit, quotient de deux radicaux. — Exposants fractionnaires. — Exposants négatifs. — Exposants incommensurables.

Etude de la valeur arithmétique de a^x , a étant positif.

Progressions par différence et par quotient. — Valeur d'un terme de rang quelconque. — Insertion de moyens. — Somme des termes. — Produit des termes d'une progression par quotient. — Progression par quotient décroissant à l'infini. — Limite de la somme de ses termes.

Théorie arithmétique des logarithmes. — Logarithmes quelconques ; logarithmes à base 10. — Propriétés des logarithmes. — Disposition et usage des tables. — Compléments arithmétiques.

Des différents systèmes de logarithmes. — Passage d'un système à un autre. — Module.

Règle à calcul. — Son usage pour la multiplication et la division.

Notions sur les séries. — Convergence, divergence, nombre e .

Combinaisons. — Arrangements, permutations, produits différents.

Binome de Newton. — Puissances entières d'un binome, d'un trinome. — Applications diverses.

Théorie algébrique des logarithmes. — Définition. — Propriétés des logarithmes. — Identité des logarithmes algébriques et arithmétiques. — Logarithmes népériens et logarithmes vulgaires. — Logarithmes négatifs et à caractéristique négative. — Résolution des équations exponentielles. — Extension de la règle d'intérêt composé.

Notions sur les infiniment petits. Valeur principale d'un infiniment petit.

Définition et calcul de la dérivée et de la différentielle d'une fonction d'une seule variable indépendante.

Dérivées et différentielles des fonctions simples, algébriques ou transcendantes, des fonctions de fonctions, des fonctions composées, implicites et inverses. — Relation entre le signe de la dérivée et le sens de la variation de la fonction. — Retour de la dérivée à la fonction primitive dans les cas les plus simples.

Notions sommaires sur la théorie générale des équations. — Nombre des racines d'une équation, étant admis que toute équation algébrique a au moins une racine réelle ou imaginaire. — Théorème de Descartes. — Relations entre les coefficients et les racines d'une

équation. — Théorème de Rolle. — Racines égales. — Séparation des racines d'une équation. — Méthode d'approximation de Newton.

III. — Géométrie.

GÉOMÉTRIE PLANE

Lignes droites et angles. — Propriétés des triangles, des perpendiculaires et des obliques. — Théorie des parallèles. — Somme des angles d'un triangle et d'un polygone. — Propriétés du parallélogramme.

Translation d'une ligne plane de forme invariable dans son plan.

Cercle. — Propriétés des arcs, des cordes et des tangentes. — Trois points déterminent un cercle. — Positions relatives de deux cercles.

Mouvement de rotation d'une figure plane invariable autour d'un point de son plan. — Tout déplacement d'une ligne plane invariable dans son plan peut être produit par une rotation autour d'un point du plan.

Mesure des angles. — Lieu des points d'où l'on voit une longueur sous un angle donné. — Quadrilatère inscrit.

Construction des angles et des triangles. — Tracé des parallèles et des perpendiculaires.

Problèmes relatifs aux tangentes. — Cercles inscrit et exinscrit au triangle.

Lignes proportionnelles. — Segments interceptés par les bissectrices d'un triangle. — Droites antiparallèles. — Segments interceptés par un cercle sur deux sécantes.

Similitude des polygones. — Propriétés fondamentales de deux figures homothétiques. — Centre d'homothétie.

Relations métriques entre les différentes parties d'un triangle.

Problèmes relatifs aux lignes proportionnelles. — Division en moyenne et extrême raison. — Construction des racines de l'équation du second degré.

Polygones réguliers. — Inscription de l'hexagone, du décagone et du pentagone convexes.

Mesure de la circonférence. — Calcul de π par la méthode des périmètres et celle des isopérimètres.

Aires des polygones. — Comparaison des aires. — Aire du cercle. — Problèmes sur les aires.

Courbes usuelles. — Ellipse, hyperbole et parabole, définition par les foyers; tracé. — Points extérieurs et intérieurs à la courbe. — Propriété de la tangente. — Tracé de la tangente par un point donné.

GÉOMÉTRIE DANS L'ESPACE

Propriétés du plan. — Droites et plans parallèles ou perpendiculaires.

Projection d'une droite. — Angle d'une droite et d'un plan. — Distance de deux droites.

Angles dièdres. — Plans perpendiculaires.

Angles polyèdres. — Cas d'égalité des trièdres. — Trièdre supplémentaire.

Polyèdres. — Aire latérale et volume du prisme, de la pyramide, des troncs de prisme ou de pyramide; cubage d'un tas de pierres.

Symétrie. — Relations entre deux polyèdres symétriques.

Polyèdres semblables. — Rapport des aires et des volumes. — Homothétie de deux polyèdres.

Cylindre et cône de révolution. — Aire latérale ; volume.

Sphère. — Plan tangent. — Position relative de deux sphères ; quatre points déterminent une sphère.

Figures tracées sur la sphère. — Plus court chemin entre deux points ; sections planes. Grands cercles. Petits cercles. Pôle d'un cercle. Propriétés des triangles sphériques. Grand cercle tangent à deux petits cercles. Aire et volume de la sphère. Volume du segment sphérique. Aire d'une zone.

IV. — Trigonométrie.

Éléments de la théorie des fonctions circulaires.
— Arcs de cercle. — Arcs complémentaires. Arcs supplémentaires. — Sinus. — Tangente. — Sécante. — Cosinus. — Cotangente. — Cosécante. — Réduction des arcs au premier quadrant. — Expressions des arcs correspondant à une ligne trigonométrique donnée. — Relations entre les lignes trigonométriques d'un même arc.

Formules relatives à l'addition algébrique des arcs.
— Formules importantes déduites des précédentes.
— Applications diverses.

Formules relatives à la multiplication des arcs et à leur division. — Sinus et cosinus de certains arcs.

Construction des tables de fonctions circulaires.
— Théorèmes préliminaires. — Division de la circonférence. — Construction d'une table de sinus et cosinus. — Formules de Simpson.

Tables de logarithmes des fonctions circulaires.
— Disposition et usage de ces tables.

Expressions calculables par logarithmes. — Procédés pour rendre telle une expression donnée. — Résolution de l'équation du second degré par les tables de logarithmes. — Résolution des équations trigonométriques.

Trigonométrie rectiligne. — Son but. — Mesure des angles. — Relations entre les angles et les côtés d'un triangle rectiligne.

Résolution des triangles rectangles. — Résolution des triangles quelconques. — Surface du triangle, rayons des cercles inscrit et circonscrit. — Exemples de résolution dans des cas particuliers. — Usage des fonctions circulaires dans la géométrie.

Opérations sur le terrain. — Distance d'un point à un autre inaccessible. — Hauteur d'un point au-dessus de l'horizon. — Distance de deux points inaccessibles.

V. — Géométrie analytique.

Préliminaires. — Equations et formules. — Théorème de l'homogénéité. — Construction des expressions algébriques. — Mise en équation d'un problème de géométrie. — Théorie des projections.

GÉOMÉTRIE A DEUX DIMENSIONS

Théorie des coordonnées. — Détermination d'un point sur un plan. — Coordonnées rectilignes. — Représentation des lieux géométriques par des équations. — Transformation des coordonnées rectilignes.

Des équations du premier degré à deux variables. — Leur construction. — Cas particuliers. — Problèmes sur la ligne droite.

Du cercle. — Equations et propriétés générales du cercle.

Des tangentes, des normales et des asymptotes.

— Coefficient d'inclinaison de la tangente. — Problèmes sur les tangentes et les normales. — Recherche des asymptotes.

Des équations du second degré à deux variables.

— Leur construction. — Division en trois genres des courbes qu'elles représentent. — Cas particuliers. — Du centre, des diamètres et des axes dans les courbes du second degré. — Polaire d'un point.

Réduction de l'équation du second degré à sa forme la plus simple par le changement des coordonnées.

De l'ellipse rapportée à son centre et à ses axes.

— Foyers, excentricité, directrices, tangente, normale, diamètres, cordes supplémentaires, diamètres conjugués; leurs propriétés. — Construction de l'ellipse par ses axes, ses foyers, par deux diamètres conjugués. — Aire de l'ellipse.

De l'hyperbole. — Longueur d'un diamètre ne

rencontrant pas la courbe. — Asymptotes. — Sécantes. — Equation de l'hyperbole rapportée à ses asymptotes.

De la parabole. — Parabole considérée comme limite

d'une ellipse. — Sous-tangente, sous-normale. — Aire du segment parabolique.

Des sections coniques et cylindriques. — Etude des

sections planes du cône et du cylindre à base circulaire. — Section antiparallèle du cône et du cylindre oblique à base circulaire.

Des coordonnées polaires. — Passage des coordon-

nées rectilignes rectangulaires aux coordonnées polaires et réciproques. — Equations polaires de la ligne droite et du cercle.

Equation des trois courbes du second degré en coordonnées polaires.

Des courbes en général. — Etude de quelques courbes algébriques et transcendantes, en coordonnées rectilignes ou coordonnées polaires. — Tangentes. — Asymptotes. — Construction des racines réelles d'une équation quelconque à une inconnue.

GÉOMÉTRIE A TROIS DIMENSIONS

Des coordonnées rectilignes. — Représentation d'un point. — Equations des lignes et des surfaces.

De la ligne droite et du plan. — Equations de la ligne droite. — Equation du plan. — Intersection de deux droites, de deux plans, d'une droite et d'un plan. Distance de deux points.

Distance d'un point à un plan et équations de la perpendiculaire à un plan. — Plan perpendiculaire à une droite ; droite perpendiculaire à une droite ; angles de deux droites, de deux plans, d'une droite et d'un plan. (On fera exclusivement usage des coordonnées rectangulaires pour toutes les questions de distances et d'angles.)

De la sphère en coordonnées rectangulaires.

Notions sommaires sur les surfaces de deuxième ordre (1). — Théorie du centre. Discussion des équations du centre et division des surfaces de deuxième ordre en différentes classes.

Directions asymptotiques et cône asymptote. Plans diamétraux et diamètres. Discussion de la forme des surfaces de chaque classe. Plans principaux (coordonnées rectangulaires).

Génératrices rectilignes. Sections circulaires. Plan tangent et normale en un point.

(1) Cette partie du programme ne pourra faire l'objet d'une composition écrite.

VI. — Géométrie descriptive.

Projections orthogonales. — Représentation d'une droite et d'un plan. — Traces. — Construction d'un plan défini par une propriété quelconque. (Deux droites, trois points, parallélisme à deux droites, etc.)

Vraie longueur d'une droite. — Angles d'une droite ou d'un plan avec les plans de projection.

Intersection de deux plans, d'une droite et d'un plan.

Rabattement d'un plan quelconque sur un plan de projection ou sur un plan parallèle.

Distance d'un point à un plan ou à une droite ; distance de deux droites.

Angle de deux droites ou de deux plans ; d'une droite et d'un plan. — Examen des cas particuliers qui peuvent se présenter.

Changement des plans de projection. — Projections sur un plan de profil.

Représentation d'un prisme ou d'une pyramide. — Section par un plan quelconque ; section droite d'un prisme.

Représentation des cônes et des cylindres. — Section droite d'un cylindre. — Section du cône et du cylindre par un plan quelconque.

Intersection des cylindres et des cônes entre eux. — Construction de la tangente en un point de l'intersection.

Développement du cylindre et du cône et des courbes tracées sur leur surface.

Représentation de la sphère. — Section par un plan quelconque ; rabattement. — Plan tangent mené en un point de la sphère ou par une droite extérieure.

Surfaces de révolution. — Flans tangents. — Section par un plan quelconque, construction de la tangente en un point de la courbe.

Hélice. — Représentation de cette courbe et construction de la tangente en un point.

Construction d'un angle trièdre dont on donne trois éléments (réduite à trois cas par la considération du trièdre supplémentaire).

VII. — Physique (1).

Préliminaires. — Mouvement uniforme et varié. Mouvement uniformément varié. Inertie. Forces. Egalité de l'action et de la réaction. Proportionnalité des forces constantes aux accélérations qu'elles impriment à un même mobile. Masse. Mesure des forces. Représentation géométrique des forces. Enoncé de la règle du parallélogramme des forces. Moment par rapport à un point et par rapport à une droite. Composition des forces parallèles. Centre des forces parallèles. Couples. Composition des forces de direction quelconque appliquées en des points différents d'un même corps. Equilibre. Notion du travail d'une force.

Pesanteur. — Direction de la pesanteur. — Poids d'un corps. — Centre de gravité. — Lois de la chute d'un corps. — Machine d'Atwood. — Appareil de M. Morin. — Pendule. — Intensité de la pesanteur. — Balance.

Hydrostatique. — Principe de la transmission des pressions. — Egalité des pressions dans tous les sens autour d'un point, dans l'intérieur d'un liquide en

(1) Ce programme doit être interprété dans le sens d'une étude purement expérimentale des phénomènes physiques.

équilibre. — Equilibre d'un liquide pesant. — Pression sur le fond des vases, sur les parois latérales. — Paradoxe hydrostatique. — Vérifications expérimentales. — Liquides superposés. — Vases communicants. — Applications.

Principe d'Archimède. — Ascension et dépression capillaires. — Poids spécifique. — Détermination des poids spécifiques des solides et des liquides. — Méthode de la balance hydrostatique, du flacon, des aréomètres à volume constant. — Aréomètres à poids constant.

Hydrostatique des corps gazeux. — Pesanteur de l'air et des gaz. — Pression atmosphérique. — Baromètre à mercure. — Baromètres métalliques.

Loi de Mariotte. — Expériences de Dulong et Arago et de Regnault.

Manomètres à mercure. — Manomètres métalliques. Diffusion des gaz. — Loi du mélange des gaz. — Dissolution des gaz dans les liquides.

Poussée sur les corps plongés dans les gaz. — Aérostats. — Machines pneumatiques. — Machines de compression. — Pompes à liquides. — Presse hydraulique. — Siphon.

Chaleur. — Dilatation des corps par la chaleur. — Température. — Thermomètres à mercure et à alcool. — Pyromètre.

Mesure des dilatations linéaires des corps solides : Dilatation cubique. — Dilatation apparente et dilatation absolue des liquides. — Mesure de la dilatation absolue du mercure par le procédé Dulong et Petit. — Thermomètres à poids. — Maximum de densité de l'eau. — Notions sommaires sur la dilatation des gaz ; expériences de Gay-Lussac.

Pendule compensateur. — Thermomètre de Bréguet. Correction des hauteurs barométriques.

Fusion et solidification : Lois générales. — Phénomènes de surfusion. — Changement de volume accompagnant la fusion. — Dissolution des solides dans les liquides. — Cristallisation par voie humide. — Phénomènes de sursaturation. — Formation des vapeurs. — Ebullition. — Evaporation. — Caléfaction.

Notions sommaires de calorimétrie. — Mesure des chaleurs spécifiques des solides et des liquides par la méthode des mélanges. — Mesure des chaleurs latentes de fusion.

Electricité et magnétisme. — Développement de l'électricité par frottement. — Corps conducteurs et non conducteurs. — Distinction de deux espèces d'électricité. — Lois des attractions et des répulsions électriques. — Distribution de l'électricité sur les corps conducteurs. — Pouvoir des pointes. — Développement de l'électricité par influence. — Etincelle. — Electrosopes. — Machines électriques. — Electrophore. — Condensateurs. — Bouteille de Leyde. — Batteries électriques. — Electroscope condensateur. — Effets produits par les décharges électriques. — Electricité atmosphérique. — Foudre. — Paratonnerre.

Aimants naturels et aimants artificiels. — Pôles. — Action de la terre. — Déclinaison et inclinaison. — Boussoles. — Aimantation par influence. — Procédés d'aimantation.

Electricité dynamique. — Production des courants électriques par des actions chimiques. — Description des principales espèces de piles. — Décompositions chimiques produites par les courants. — Galvanoplastie. — Expérience d'Erstedt. — Loi d'Ampère. — Galvanomètre. — Aimantation par les courants. — Action

des courants sur les courants. — Loi fondamentale de l'induction. — Machine de Clarke.

Acoustique. — Production du son. — Vitesse de transmission dans l'air. — Vitesse de transmission dans l'eau.

Qualités du son. — Hauteur, intensité et timbre. — Sirène. — Roues dentées. — Etude expérimentale des tuyaux sonores. — Position des nœuds et des ventres. — Lois des vibrations transversales des cordes.

Optique. — Propagation de la lumière dans un milieu homogène. — Ombre et pénombre. — Vitesse de la lumière. — Photométrie.

Réflexion de la lumière. — Miroirs plans. — Miroirs sphériques concaves et convexes. — Foyers réels et virtuels. — Images des objets. — Réfraction de la lumière. — Principe du retour inverse des rayons. — Réflexion totale. — Réfraction au travers d'un prisme. — Spectre solaire.

Lentilles sphériques convergentes et divergentes. — Foyers réels et virtuels. — Centre optique. — Images. — Discussion des grandeurs et des dispositions relatives des objets et des images.

Instruments d'optique : Microscope solaire. — Lanterne magique. — Chambre obscure. — Loupe. — Chambre claire. — Microscope composé. — Oculaires positifs et négatifs. — Lunette astronomique. — Lunette terrestre. — Lunette de Galilée. — Télescopes.

VIII. — Chimie.

Introduction. — Notions préliminaires. — Combinaisons ; lois des combinaisons. — Lois des proportions définies, des proportions multiples. — Loi de Gay-Lussac. — Loi de Dulong et Petit. — Nomenclature. — Notations. — Procédés de cristallisation.

Historique, état naturel, préparation au laboratoire et dans l'industrie s'il y a lieu, propriétés physiques et chimiques principales, caractères et usages des éléments et composés suivants :

MÉTALLOIDES

Hydrogène.

Oxygène. — Combustion, respiration. — Ozone. — Eau : analyse et synthèse, dissociation. — Eau oxygénée.

Fluor. — Acide fluorhydrique, fluorures.

Chlore. — Acide chlorhydrique, chlorures. — Acide hypochloreux, hypochlorites décolorants. — Acide chlorique, chlorates ; acide perchlorique, perchlorates. — Peroxyde de chlore.

Brome. — Acide bromhydrique, bromures, hypobromites, bromates.

Iode. — Acide iodhydrique, iodures, acide iodique.

Soufre. — Acide sulfhydrique, sulfures, bi-sulfure d'hydrogène. — Hyposulfites. — Acide sulfureux, sulfites, hydrosulfites. — Acide sulfurique, sulfates. — Notions sommaires sur la série thionique.

Azote. — Air atmosphérique. — Ammoniaque, sels ammoniacaux, ammonium. — Protoxyde d'azote. — Bioxyde d'azote. — Acide azoteux, azotites. — Peroxyde d'azote, acide azotique, azotates. — Eau régale.

Phosphore. — Hydrogènes phosphorés. — Phosphures. — Notions sommaires sur les chlorures, iodures, bromures et sulfures de phosphore. — Acide hypophosphoreux, hypophosphites. — Acide phosphoreux, phosphites. — Acides phosphoriques, phosphates.

Arsenic. — Hydrogène arsénié. — Arséniures. — Notions sommaires sur les chlorures, bromures, iodures d'arsenic. — Acide arsénieux, arsénites. — Acide arsénique, arséniates. — Sulfures d'arsenic.

Antimoine. — Hydrogène antimoné, antimoniures. — Notions sommaires sur les chlorures, bromures, iodures d'antimoine. — Acide antimonieux, antimonites. — Acide antimonique, antimoniates. — Sulfure d'antimoine.

Carbone. — Méthane et ses dérivés chlorés. — Ethylène, acétylène. — Benzine. — Oxyde de carbone. Anhydride carbonique, carbonates, sulfure de carbone, sulfocarbonates. — Cyanogène, acide cyanhydrique, cyanures.

Silicium. — Hydrogène silicié. — Fluorure de silicium. — Acide fluosilicique. — Chlorures de silicium, silice, silicates.

Bore. — Fluorure de bore, acide fluoborique. — Chlorure de bore. — Acide borique, borates.

MÉTAUX USUELS

Potassium et sodium. — Potasse et soude. Chlorures, sulfures, sulfates, carbonates, azotates. Sulfite, hyposulfite, borates, phosphates de sodium.

Calcium, strontium, baryum. — Oxydes, chlorures, sulfures, sulfates, carbonates, azotates, phosphates.

Magnésium. — Oxyde, chlorure, sulfate, carbonate, phosphates.

Zinc. — Oxyde, sulfure, chlorure, sulfate.

Plomb. — Oxydes, sulfure, chlorure, sulfate, carbonate.

Bismuth. — Oxyde, chlorure, azotates.

Cuivre. — Oxydes, chlorures, sulfures, sulfate, azotate.

Mercure. — Oxyde, chlorures, sulfure, sulfate, azotate.

Fer. — Oxydes, sulfures, chlorures, sulfates, cyanures.

Manganèse. — Oxydes, manganates, permanganates, sulfure, chlorure.

Chrome. — Oxydes. Sels de chrome, chromates.

Nickel et cobalt. — Oxydes, chlorures, sulfates, azotates.

Aluminium. — Oxyde, chlorure, sulfate, alun, aluminates.

Argent. — Oxyde, chlorure, bromure, iodure, azotate.

Or. — Chlorure.

Platine. — Chlorures, chlorures doubles.

Étain. — Oxyde, chlorures, sulfures, stannates.

Paris, le 30 septembre 1896.

Signé : TURREL.

Le Directeur du Personnel et de la Comptabilité,

Signé : RABEL.

COURS DE 1^{re} ANNÉE

ANALYSE MATHÉMATIQUE

(21 LEÇONS)

M. LIÉNARD, ingénieur des mines, Professeur.

CALCUL DIFFÉRENTIEL

Limite d'une quantité variable. Condition pour 1^{re} Leçon.
qu'une quantité variable admette une limite. Limites
d'une somme, d'un produit, d'un quotient. — Infini-
ment petits. Ordre d'un infiniment petit. Développement
d'un infiniment petit suivant les puissances croissantes
de l'infiniment petit principal.

Fonctions. Continuité des fonctions. Tout polynome
entier est une fonction continue.

Définition des dérivées. — Dérivées d'une somme, 2^e Leçon.
d'un produit, d'un quotient, d'une fonction composée,
d'une fonction inverse. Dérivées des fonctions expo-
nentielles, logarithmiques, circulaires. Théorème de
Rolle; applications.

Intégrale définie : définition algébrique et interpré-
tation géométrique. Théorèmes de la moyenne.

Intégrale définie considérée comme fonction de sa 3^e Leçon.
limite supérieure. Intégration par parties. Application
à la série de Taylor. Définition de l'intégrale indéfinie.

Séries : convergence, divergence. Séries absolument
convergentes. Somme et produit de séries absolument
convergentes. Caractères principaux de la convergence
des séries à termes réels ou imaginaires.

4^e Leçon. Séries à termes variables. Théorèmes d'Abel pour les séries ordonnées suivant les puissances croissantes de la variable.

Formules de Taylor et de Maclaurin. Applications : développements en séries des fonctions e^x , $\sin x$, $\cos x$, $(1+x)^m$, $\log(1+x)$, $\operatorname{arctg} x$. Définition de e^x , $\sin x$, $\cos x$, $\log x$ pour x imaginaire. Démonstration des propriétés fondamentales. Formule d'Euler.

5^e Leçon. Différences finies d'une fonction d'une seule variable. Différentielle première d'une fonction d'une seule variable. Dérivée considérée comme quotient de deux différentielles. — Différentielles totale et partielles d'une fonction de plusieurs variables. Différentielles des fonctions composées. Application à la recherche des différentielles des fonctions implicites. — Condition pour que plusieurs fonctions soient indépendantes. Jacobien.

6^e Leçon. Dérivées et différentielles d'ordre supérieur. Inter-version de l'ordre des dérivations pour une fonction de plusieurs variables. Différentielles successives d'un produit. Différentielles d'ordre supérieur des fonctions composées.

Généralisation des formules de Taylor et de Maclaurin pour les fonctions de plusieurs variables.

Théorie des changements de variables (une ou plusieurs variables indépendantes). Exemples et application à la résolution de l'équation $\frac{d^2 V}{d t^2} - a^2 \frac{d^2 V}{d x^2} = 0$

Formation des équations différentielles.

7^e Leçon. Maxima et minima d'une fonction d'une ou de plusieurs variables. Discussion. Maxima et minima relatifs.

APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES DU CALCUL DIFFÉRENTIEL

Rappel des principes de la géométrie analytique à trois dimensions et des formules de changement d'axes de coordonnées. Relations entre les paramètres directeurs de trois directions rectangulaires (axes rectangulaires).

Equations générales des plans, des droites, des surfaces réglées, des cônes, des cylindres.

Tangente à une courbe plane. Plan tangent et directions asymptotiques en un point d'une surface. Points simples et multiples, cône des tangentes.

Courbes gauches : tangente et plan osculateur. 8^e Leçon.
Théorie du contact des courbes et des surfaces.
Osculation, surosculation.

Enveloppes des courbes planes et des surfaces dont la forme dépend d'un paramètre arbitraire. Enveloppées, caractéristiques, arête de rebroussement. Application aux surfaces développables. 9^e Leçon.

Enveloppe d'une surface à deux paramètres.

Etude des courbes planes : tangente, normale, cercle osculateur, longueur d'un arc de courbe, courbure.

Formules de Frenet, développée, développantes.

Applications à l'ellipse, à la cycloïde, à la chaînette et à la parabole. 10^e Leçon.

Etude des courbes gauches : tangente, plan normal, plan osculateur, cercle osculateur.

Longueur d'un arc de courbe, courbure, torsion, formules de Frenet. Applications. Hélices. 11^e Leçon

Etude des surfaces : plan tangent, normale. — Surfaces réglées. Plan tangent en un point, condition pour que la surface soit développable. 12^e Leçon.

Variation du plan tangent le long d'une génératrice, d'une surface réglée. Point central. Raccordement de deux surfaces réglées le long d'une génératrice.

Forme d'une surface aux environs d'un de ses points. Courbes tracées sur une surface. Théorème de Meusnier et formule d'Euler. Centres de courbure principaux.

13^e Leçon. Lignes de courbure des surfaces de révolution et des surfaces développables. Une surface développable est applicable sur un plan.

Lignes géodésiques et courbure géodésique.

CALCUL INTÉGRAL

Extension de la notion d'intégrale définie quand la fonction ou les limites deviennent infinies.

Calcul des intégrales définies. Rappel de l'intégration par parties, application.

14^e Leçon. Changement de variable dans les intégrales définies et les intégrales indéfinies.

Intégration immédiate de quelques fonctions dans des cas simples. Décomposition en fractions simples et intégration d'une fonction rationnelle. Intégration des différentielles algébriques ne contenant que un ou deux radicaux d'une fonction linéaire ou un radical d'une fonction du 2^e degré. Exemple.

15^e Leçon. Intégration des fonctions transcendantes : fonctions rationnelles en e^{ax} , $\sin x$, $\cos x$; fonctions entières de x , e^{ax} , e^{bx} , ... $\sin \alpha x$, $\cos \beta x$, ... ; logarithme intégral ; fonctions entières d' x et de $\log x$.

Calcul approché de la valeur d'une intégrale définie : méthodes de Cotes, de Poncelet, de Simpson. Incidemment, formule d'interpolation de Lagrange.

Application du calcul intégral à l'évaluation des aires planes en coordonnées rectangulaires ou en coordonnées polaires. Cas de la parabole, de la cycloïde, de l'ellipse et de la lemniscate. Rectification de la parabole.

Série de Fourier.

16^e Leçon.

Différentiation sous le signe d'intégration. Condition pour qu'une différentielle soit une différentielle exacte.

Intégrales doubles.

Applications des intégrales doubles aux mesures des volumes : ellipsoïde, voûte de Viviani. — Intégrales triples.

17^e Leçon.

Intégrales curvilignes dans le plan et dans l'espace. Conditions pour qu'elles ne dépendent que des limites.

Aire d'une surface ; intégrales de surface. Condition pour qu'elles ne dépendent que du contour de la surface.

18^e Leçon.

EQUATIONS DIFFÉRENTIELLES

Equations différentielles ordinaires ; transformation des systèmes d'équations. — Equations du 1^{er} ordre : intégrale générale et intégrale singulière ; interprétation géométrique.

Facteur intégrant. Equations à variables séparées et équations homogènes.

Equation linéaire du 1^{er} ordre. — Equation de Bernoulli. Equation de Clairaut. — Equations du 2^e ordre de forme simple, applications et exemples.

19^e Leçon.

Equations linéaires simultanées du 1^{er} ordre. Forme de l'intégrale générale.

20^e Leçon.

Réduction du système à un autre plus simple lorsque l'on connaît des solutions particulières.

Equations linéaires à une seule inconnue. — Forme de l'intégrale générale. — Equations à coefficients constants : résolution par la méthode de Vaschy.

21^e Leçon. Cas où l'équation caractéristique admet des racines imaginaires. Exemple.

Equations aux dérivées partielles. — Equation linéaire du 1^{er} ordre. — Intégration des équations différentielles des cylindres, des cônes, des surfaces développables.

Problème des cordes vibrantes. Méthodes d'Euler et de Bernoulli.

MÉCANIQUE RATIONNELLE

(25 LEÇONS)

M. JOUGUET, ingénieur des mines, Professeur.

PRÉLIMINAIRES

Théorie des vecteurs. — Directions. Angle de deux directions. Orientation d'un plan sur lequel se comptent des angles. 1^{re} Leçon.

Définition des vecteurs. Addition géométrique. Associativité et commutativité de l'addition. Vecteurs équipollents.

Projections. Projection sur un axe, sur un plan. Projection d'une somme géométrique. Produit géométrique. — Moments. Moment de deux vecteurs. Moment par rapport à un axe, par rapport à un point. Expression analytique des moments. — Définition d'un vecteur par ses projections sur 3 axes rectangulaires et ses moments par rapport à ces 3 axes. Degré d'indétermination que cette définition laisse subsister. 2^e Leçon.

Systèmes de vecteurs. Coordonnées d'un système de vecteurs. Systèmes équivalents. Réduction des systèmes de vecteurs. Théorème de Chasles. 3^e Leçon.

Division de la Mécanique. — Notions de point matériel et de système matériel. Définition et division de la mécanique.

CINÉMATIQUE

I. — Définitions et préliminaires. — Mouvement d'un point matériel. Trajectoire. Vitesse. Accélération. Projection de la vitesse et de l'accélération sur un axe ou sur un plan.

4^e Leçon. *Exemples de mouvements d'un point matériel.* — Mouvement rectiligne uniforme et uniformément accéléré. — Mouvement vibratoire simple. Mouvement circulaire. Mouvement dans le cas d'une accélération centrale. Application aux planètes. Lois de Képler. Problème de Newton.

Exemples de mouvements d'un système matériel invariable. — Mouvement de translation. — Mouvement de rotation autour d'un axe. — Mouvement hélicoïdal.

II. — Formules générales de la cinématique. Changement du système de comparaison.

5^e Leçon. A. *Vitesse.* — Projection de la vitesse sur des axes mobiles.

Application des formules obtenues à l'étude de la composition des vitesses. Mouvements simultanés. Mouvements tangents. Composition des rotations. Méthode de Roberval pour le tracé des tangentes.

6^e Leçon. Application des formules obtenues à l'étude de la distribution des vitesses dans un système matériel invariable. — Mouvement de translation. — Mouvement de rotation autour d'un axe. — Mouvement parallèle à un plan fixe. Centre instantané de rotation. Méthode géométrique de Chasles pour l'étude de ce mouvement. Propriétés géométriques de la cycloïde, de l'épicycloïde, des développantes. — Mouvement autour d'un point fixe. Axe instantané de rotation. Méthode géométrique pour l'étude de ce mouvement. — Mouvement le plus général d'un système invariable. Systèmes de rotations produisant un mouvement tangent. Mouvement hélicoïdal tangent. Glissement, roulement et pivotement d'une surface mobile sur une surface fixe.

B. Accélération. — Projection de l'accélération sur des axes mobiles. Composition des accélérations. Théorème de Coriolis. 7^e Leçon.

Distribution des accélérations dans un système matériel invariable. — Mouvements de translation et de rotation continues. — Mouvement de rotation autour d'un point fixe. — Mouvement parallèle à un plan. Centre des accélérations. Formule de Savary.

PRINCIPES DE LA MÉCANIQUE. NOTION DE FORCE

Notion de force. Nécessité de la considération d'axes absolus. 8^e Leçon.

Principe de l'inertie. — Principe des mouvements relatifs et de l'indépendance des effets de forces. Représentation des forces par les accélérations qu'elles impriment à un point matériel donné. Composition des forces. — Principe de la proportionnalité des forces aux accélérations. Notion de masse. — Principe de l'égalité de l'action et de la réaction.

Travail des forces. Potentiel. Surfaces de niveau. Exemples.

STATIQUE ET DYNAMIQUE DU POINT MATÉRIEL

Equilibre du point matériel. Cas où la force admet un potentiel. — Equations du mouvement d'un point matériel. Principe de d'Alembert. Force d'inertie. 9^e Leçon.

Théorèmes généraux. — Théorème des quantités de mouvement. — Théorème des moments des quantités de mouvements. — Théorème des forces vives. Stabilité de l'équilibre.

Exemples divers. — Pesanteur. Chute des corps dans le vide. Mouvement des projectiles dans le vide. — Attraction universelle. Identité des forces inter-astrolales et de la pesanteur. Les lois de Képler déduites de 10^e Leçon.

la loi de Newton. — Résistance de milieu. Mouvement d'un point sous l'action d'une force centrale proportionnelle à la distance et d'une résistance de milieu proportionnelle à la vitesse.

11^e Leçon. **Mouvement d'un point sur une surface fixe.** — Réaction normale. — Emploi des équations intrinsèques du mouvement. — Emploi de l'équation des forces vives. Stabilité de l'équilibre. — Cas où la force est toujours normale à la surface.

Exemple. Très petites oscillations du pendule conique dans le vide.

Notion de liaison. Liaisons bilatérales et unilatérales. Liaisons ne dépendant pas du temps et liaisons dépendant du temps.

Mouvement d'un point sur une courbe fixe. — Réaction normale. — Emploi des équations intrinsèques du mouvement. — Emploi de l'équation des forces vives. Stabilité de l'équilibre.

12^e Leçon. Exemples. Pendule simple dans le vide. Pendule cycloidal.

Cas d'une liaison unilatérale. Point d'échappement dans le problème du pendule simple.

13^e Leçon. **Mouvement relatif.** — Forces apparentes. Emploi de l'équation des forces vives. Stabilité de l'équilibre relatif.

Mouvement relatif de la terre autour du soleil. — Influence du mouvement de rotation de la terre sur l'équilibre ou le mouvement des corps placés à sa surface. Pesanteur apparente. Chute des corps dans le vide. Pendule de Foucault.

14^e Leçon. **Théorie des unités.** — Correspondance entre les unités et les grandeurs. Différentes espèces de gran-

deurs (grandeurs mesurables, grandeurs simplement repérables). Unité. Une unité est toujours arbitraire. — Dépendance introduite pour simplifier les formules entre les diverses unités. Unités fondamentales et unités dérivées. Dimensions. — Homogénéité. Similitude. — Systèmes d'unités généralement usités. Système CGS et système kilogramme, mètre, seconde.

STATIQUE DES SYSTÈMES MATÉRIELS

Théorie du centre de gravité. — Définitions. 15^e Leçon.
Centre de gravité des systèmes continus. Centre de gravité des figures géométriques. — Recherche du centre de gravité des figures les plus importantes. — Théorème de Guldin.

Principe des travaux virtuels. — *Partage des forces agissant sur un système matériel en forces extérieures et forces intérieures.* 16^e Leçon. — Les 6 conditions nécessaires d'équilibre.

Partage des forces en forces données et forces de liaison. — Travail des forces de liaison quand les liaisons sont sans frottement. Etude, au point de vue du travail des réactions, du glissement, du roulement et du pivotement d'un solide sur un autre. Liaisons réalisées par des poulies ou par des fils. — Démonstration du principe du travail virtuel.

Conséquences de ce principe. — Conditions suffisantes d'équilibre pour les corps solides. — Multipliateurs de Lagrange. Réduction des conditions d'équilibre au nombre minimum. Cas d'un potentiel. Principe de Torricelli.

Statique de divers systèmes matériels.

17^e Leçon. A. *Statique des corps solides.* — Corps solide libre. Renvoi à la théorie des vecteurs. — Corps solide assujéti à certaines liaisons (solide tournant autour d'un axe fixe, reposant sur un plan). Indétermination qui subsiste dans le calcul de certaines réactions.

B. *Systèmes à liaisons complètes.* — Importance de ces systèmes dans les machines. Balance de Roberval, balance de Quintenz.

18^e Leçon. c. *Polygones et courbes funiculaires.* — Conditions d'équilibre d'un polygone funiculaire. Polygone de Varignon. Application aux ponts suspendus. Construction graphique de la résultante de plusieurs forces contenues dans un même plan. — Equations d'équilibre d'une courbe funiculaire. Application à la chaînette.

. *Note sur l'attraction des corps.* — Attraction des sphères suivant la loi de Newton.

DYNAMIQUE DES SYSTÈMES MATÉRIELS

Théorie générale.

19^e Leçon. A. *Théorèmes généraux.* — Théorème du mouvement du centre de gravité. Applications. — Théorème du moment des quantités de mouvement. Principe des aires. Applications. — Théorème des forces vives. Théorème de Kœnig. Travail des réactions quand les liaisons dépendent du temps. Systèmes conservatifs.

20^e Leçon. B. *Détermination complète du mouvement.* — Principe de d'Alembert. Equation générale de la dynamique. Les théorèmes généraux déduits de cette équation. — Multiplicateurs de Lagrange. Stabilité de l'équilibre.

Théorie des moments d'inertie. — Définitions. — Calcul des moments d'inertie des figures les plus importantes. — Théorèmes généraux. Ellipsoïde d'inertie.

Dynamique d'un corps solide.

A. Mouvement autour d'un axe fixe. — Détermination du mouvement et des réactions. Application au pendule composé dans le vide et à la machine d'Atwood. 21^e Leçon.

B. Mouvement autour d'un point fixe. — Equation d'Euler. — Cas où les forces extérieures admettent une résultante passant par le point fixe, étudié par la méthode de Poinsot. — Effort à faire pour déplacer l'axe d'un solide de révolution animé d'une rotation autour de cet axe. Notions très succinctes sur le mouvement du gyroscope. 22^e Leçon.

C. Mouvement le plus général d'un solide. — Principes de la théorie. Mouvement du centre de gravité et mouvement autour du centre de gravité. Notions très succinctes sur la précision des équinoxes et la nutation.

Mouvement relatif. — Extension, à la dynamique des systèmes, des résultats obtenus dans la dynamique du point. Etude, au moyen des principes du mouvement relatif, du mouvement d'un système autour de son centre de gravité. Gyroscope de Foucault (démonstration de M. Guyou). 23^e Leçon.

Chocs et percussions. — Définitions. — Equation générale de la théorie des percussions. — Théorèmes généraux (quantité de mouvement perdue par le centre de gravité, moment des quantités de mouvement perdues, théorème de Carnot). — Applications. Choc direct de deux corps solides libres. Pendule balistique.

DU FROTTEMENT

Des trois sortes de frottement.

24^e Leçon. A. *Frottement de glissement.* — Définitions. Lois du frottement de glissement. Frottement au départ, frottement en mouvement.

Glissement d'un corps pesant sur un plan incliné. — Coin. — Frottement d'une corde sur un cylindre. — Frottement dans la vis à filet rectangulaire.

25^e Leçon. B. *Frottement de roulement.* — Définitions. Lois de ce frottement. Effort à exercer sur un cylindre pesant pour le faire rouler sur un plan horizontal. — Usage des rouleaux pour le transport des pièces pesantes.

C. *Frottement de pivotement* — Définition.

Généralités sur le mouvement des systèmes à frottement. — Emploi des six équations d'équilibre des corps solides ou des deux premiers théorèmes généraux de la dynamique. Emploi de l'équation des forces vives. Discontinuité qui peut se présenter dans les équations du mouvement. (Exemple : cerceau glissant, puis roulant sur une horizontale.)

Les machines considérées comme systèmes à frottement. Equation des forces vives. Travail moteur, travail résistant utile, travail résistant passif. Machines motrices, machines opératrices. Mécanismes.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE

(1^{re} PARTIE)

(20 LEÇONS)

M. JOUGUET, ingénieur des mines, Professeur.

I. — MÉCANISMES

Préliminaires. — Définitions. Mécanismes desmo- 1^{re} Leçon.
dromiques.

Réalisation du mouvement rectiligne. — Guides, glissières, etc.

Réalisation du mouvement de rotation autour d'un axe. — Arbres soumis à des efforts normaux. Tourillons et coussinets. Paliers. Frottement des tourillons sur les coussinets. Coussinets à billes. Arbres soumis à des efforts longitudinaux. Paliers de butée, crapaudines. Frottement sur les pivots et épaulements.

Transmissions par systèmes articulés. — Réa- 2^o Leçon.
lisation d'une articulation. Frottement dans les articulations.

Système Trois-barres et ses dérivés. (Balancier et contre-balancier, parallélogramme, contre-parallélogramme, rhomboïde de Reuleaux, bielle et manivelle, construction de Mohr, excentrique circulaire). — Généralités sur la transformation des figures. Translateur, pantographe, inverseur. — Guidage rectiligne d'un point. Solution exacte de Peaucellier. Solutions approchées de Watt et d'Olivier Evans. — Systèmes articulés gauches. Joints de Cardan, de Goubet, de Oldham.

3^e Leçon. **Transmissions par liens flexibles.** — *Généralités.*

— Emploi des chaînes, des câbles, des courroies. Adhérence sur la poulie, influence de la vitesse sur l'adhérence. Roideur des liens. Glissement vermiculaire des liens élastiques.

Transformation d'un mouvement circulaire continu en un mouvement circulaire continu. — Courroies droites, croisées, demi-croisées. Câbles téléodynamiques. Chaînes.

4^e Leçon. *Transformation en un mouvement rectiligne d'un mouvement rectiligne ou circulaire.* — Poulie fixe.

Ses applications aux balances et aux plans inclinés automoteurs. Poulie Fowler. — Poulie mobile. Moufle. Palan. — Treuils et cabestans. Treuil différentiel.

Transmissions par l'eau ou par l'air. — Exemples divers.

Transmissions par friction. — Cylindres de friction. Cônes de friction. Roues Robertson et Minotto. Galet de friction.

5^e Leçon. **Engrenages et vis.** — *Engrenages cylindriques.*

— Généralités. Circonférences primitives. Profils conjugués. Flancs, faces, pas. Ligne d'engrènement. Engrenages réciproques, harmoniques. — Examen des différentes espèces de denture. Denture par flancs droits, par épicycloïdes, par développantes, par fuseaux. — Engrenages intérieurs et crémaillères. — Roues épaisses. Dents cylindriques, dents hélicoïdales, dents à chevrons.

6^e Leçon. *Engrenages coniques.* — Cônes primitifs. Méthode des roues auxiliaires. Roue plano.

Frottement et résistance. — Engrenage sans frottement. — Résistance des dents.

Engrenages par vis. — Vis sans fin. Vis globique. 7^e Leçon.
Conditions de fonctionnement de la vis sans fin eu égard
au frottement. — Roues hélicoïdales.

Engrenages hyperboliques. — Principe.

Trains d'engrenages. — Trains à axes fixes. Minu-
terie des horloges. — Trains épicycloïdaux. Mouche
de Watt. Train épicycloïdal sphérique.

Cames. Excentriques. Encliquetages. — Cames. 8^e Leçon.
Application aux bocards, pilons, martinets, engrenages
intermittents. — Excentriques. Conditions que doivent
remplir les profils pour qu'il n'y ait pas archoutement.
Excentrique en cœur. Excentrique de largeur constan-
te. Excentrique circulaire. — Rainures. Rainures
planes, rainures tracées sur un cylindre, sur un cône,
sur un tore. — Encliquetages. Levier de Lagarousse.
Encliquetages à frottement.

Manchons. — Manchons fixes (à clavette, à boulons).
— Manchons mobiles (joint de Oldham, accouplement
Raffard). — Manchons d'embrayage. (Embrayage à
griffes, embrayage par friction).

Graissage des mécanismes. — Matières lubri-
fiantes d'origine végétale, animale ou minérale. Huiles
fluides et graisses consistantes. — Qualités des huiles.
Machines à essayer les huiles. — Introduction de
l'huile. Expériences de Beauchamp Tower. Appareils
employés.

Appareils de mesure.

A. *Travail indiqué.* — Travail produit par un fluide 9^e Leçon.
dans un cylindre à piston. Mesure de ce travail par
l'indicateur de Watt. Causes d'erreur de cet appareil.
Influence de l'inertie. Indicateur M. Deprez. Indicateur
optique. Analogies et différences entre les diagrammes

relevés à l'indicateur et les diagrammes de Clapeyron, représentant les changements d'état d'un fluide.

b. Travail disponible sur un arbre. — Frein dynamométrique de Prony.

c. Travail transmis à une machine opératrice. — Dynamomètres de traction et dynamomètres de rotation.

10^e Leçon. **Calcul rapide.** — Règle à calcul. Machines à calculer.

Calcul graphique. — Lignes cotées ou isoplèthes. — Représentation par abaques d'une équation à trois variables. Exemples divers. Anamorphose. — Cas particulier. Abaques composés de trois systèmes de droites. Abaques d'addition et de multiplication. Abaques hexagonaux. Abaques par points alignés. — Représentation des équations à plus de trois variables. Emploi des échelles binaires dans les abaques hexagonaux ou dans les abaques par points alignés.

Evaluation des aires planes. — Méthode de Poncelet. Méthode par pesage des diagrammes. Planimètre d'Amsler.

11^e, 12^e et 13^e Leçons. **Machines-outils.** — *Généralités sur le travail des machines outils. — Dégrossissage, finissage. Flexion de l'outil. Vitesse de l'outil.*

Description des principales machines. — Tour et ses variantes. Machine à aléser. Taraudage. Filière. Machines à percer. Machines à raboter. Etaux limeur. Machine à mortaiser. Machine à fraiser. Scie à rubans. Meules.

II. — MACHINES HYDRAULIQUES ET PNEUMATIQUES

§ 1^{er}. — ÉLÉMENTS DE LA MÉCANIQUE RATIONNELLE DES FLUIDES

Rappel des principes de la thermodynamique.

14^e Leçon.

— Rôle de cette science considérée comme généralisation de la mécanique. Relation qu'elle établit entre les changements d'état et les changements de position. Extension de la notion d'équilibre à la thermodynamique. Equations d'équilibre. Equation de compressibilité des fluides. Faux équilibres.

1^{er} Principe. Equation de la conservation de l'énergie. Comparaison avec l'équation des forces vives. — 2^e Principe. Modifications réversibles. Cycle de Carnot. Inégalité de Clausius. Entropie et transformation non compensée.

Diagrammes représentatifs des changements d'état. Diagramme de Clapeyron. Diagramme entropique.

Statique des fluides. — Pression à l'intérieur d'un corps. Fluides parfaits. Equations différentielles des pressions dans un fluide en équilibre. Surfaces de niveau. — Fluides élastiques et fluides incompressibles. Variables dont dépend l'énergie interne de l'unité de masse de ces deux sortes de fluides censée homogène.

15^e Leçon.

Fluides pesants. — Surface libre d'un liquide. Pression exercée sur une paroi plane. Nivellement barométrique. Corps immergés et corps flottants. Principe d'Archimède. Notions sur la stabilité des corps flottants.

Dynamique des fluides. — Equations générales du mouvement. Mouvement permanent. Equation de la conservation de l'énergie dans le mouvement permanent.

16^e Leçon.

Fluides élastiques. Equation de Zeurer. Fluides incompressibles. Equation de Bernouilli. Plan de charge.

Fluides naturels. Viscosité.

§ 2. — HYDRAULIQUE ET MACHINES HYDRAULIQUES

17^e Leçon. **Hydraulique.** — *Généralités.* — Hypothèses simplificatrices de l'hydraulique. Notions de vitesse moyenne locale et de courant. Répartition des pressions dans une section normale au courant. Quantité de mouvement et force vive d'un courant en fonction de la vitesse moyenne. Viscosité apparente. Relation entre les pertes de charge et l'échauffement.

18^e Leçon. *Ecoulements sans perte de charge.* — Diffuseur. Orifice en mince paroi. Orifice noyé. Déversoir. Expériences de M. Bazin sur la forme des nappes déversantes.

Tuyaux de conduite. — Pertes de charge par élargissement ou étranglement brusque. Théorème de Bélanger. Théorie des ajutages. — Pertes de charge aux coudes. — Frottement contre les parois. — Calcul des conduites.

19^e Leçon. *Canaux découverts.* — Frottement contre les parois. Mouvement uniforme et mouvement varié. Notions sommaires sur le mouvement varié, le remous et le ressaut. — Répartition des vitesses moyennes locales. Recherches de M. Bazin.

Résistance des fluides. — Choc d'une veine contre un plan, contre un hémisphère. Choc d'une veine liquide contre les parois d'un vase dans lequel la vitesse s'amortit complètement. Dégagement de chaleur

dans ce cas. — Résistance opposée au mouvement d'un corps immergé. Paradoxe de du Buat.

Jaugeages. — Mesure directe du débit. — Jaugeages 20^e Leçon.
par orifices, déversoirs, etc. — Jaugeages par mesure
des vitesses. Flotteurs superficiels, bâtons lestés, tube
de Pitot, moulinets et anémomètres. Influence de l'irrégularité des courants sur les indications du tube de Pitot et des moulinets.

PHYSIQUE

(22 LEÇONS)

M. FRIEDEL, ingénieur des mines, Professeur.

THERMODYNAMIQUE (1)

- 1^{re} Leçon. *Dilatations*, en particulier dilatations des gaz. Définition de la température, loi des températures égales. Equation caractéristique, définition des divers coefficients de dilatation et de compressibilité, relation entre ces coefficients. Rappel des résultats relatifs à la dilatation des solides et liquides.
- 2^e Leçon. Dilatation des gaz. Thermomètres à gaz.
Changements d'état. — Fusion, effet de la pression, expériences de lord Kelvin et de Bunsen. Vaporisation ; expériences d'Andrews, point critique, tubes de Natterer.
- 3^e Leçon. Equation caractéristique des fluides, formules de Sarrau, de Van de Waals. Loi des états correspondants, sa signification.
Vapeurs, tension maximum, mesures.
- 4^e Leçon. Densité des vapeurs, mesures ; relations avec les phénomènes chimiques.
Calorimétrie. — Notion de l'échange de chaleur. Loi de la proportionnalité aux masses ; l'échange de chaleur se mesure par une masse. Calorie. Loi du retour inverse.

(1) L'étude de la thermodynamique est précédée des notions expérimentales indispensables sur les points incomplètement développés au programme d'admission.

Chaleurs spécifiques, en particulier dans le cas des gaz. Relation entre les chaleurs spécifiques à pression et volume constants et la chaleur de dilatation à température constante. Détente adiabatique des gaz parfaits. 5^e Leçon.

Mesure des chaleurs spécifiques des gaz à pression constante. Loi de Delaroche et Bérard. Mesure du rapport $\frac{C}{c}$ 6^e Leçon.

Chaleurs de fusion et de vaporisation.

Thermodynamique. — Notion de l'énergie mécanique, énergie cinétique et énergie potentielle. Après retour à l'état initial, il y a de l'énergie mécanique détruite ; d'autre part il y a échange de chaleur. Notion de l'équivalence. Mesures de l'équivalent, Joule, Hirn, Violle, etc... 7^e Leçon.

Expression du principe de l'équivalence par la notion de l'énergie interne. Extension aux phénomènes chimiques et électriques. 8^e Leçon.

Diagrammes : représentation du travail mécanique, de la chaleur mise en jeu, de l'énergie interne. Cycles.

Expression de l'équivalent en fonction des coefficients des gaz. Energie interne des gaz parfaits, loi de Joule. Vérification expérimentale de Joule, expériences de lord Kelvin et Joule.

Aperçu de la théorie cinétique des gaz parfaits. Conditions de la transformation de la chaleur en énergie mécanique, nécessité de l'étude des cycles. Deux sources de chaleur sont nécessaires. 9^e Leçon.

Coefficient économique, recherche du maximum. Cycle de Carnot, notion des transformations réversibles. Principe de Carnot, son identité avec le principe de 10^e Leçon.

Clausius. Expression de ce principe par la notion de l'entropie ; expression de la variation de l'entropie dans une transformation réversible au point de vue mécanique.

Entropie des gaz parfaits. Diagramme entropique.

11^e Leçon. Graduation thermodynamique du thermomètre Application des deux principes fondamentaux : équation de Clapeyron-Clausius, fusion et vaporisation. Détente des vapeurs, condensation ; chaleur spécifique de la vapeur saturée, points d'inversion.

12^e Leçon. Notions sur les transformations irréversibles. Dissipation de l'énergie. Fonction caractéristique de Massieu. Loi du déplacement de l'équilibre. Faux équilibres, cas de la surchauffe des liquides.

CONDUCTION DE LA CHALEUR

13^e Leçon. Théorie de Fourier. Cas du mur. Cas de la barre. Mesure du coefficient de conductibilité.

ACOUSTIQUE

14^e Leçon. Notions d'acoustique préparatoires à l'étude de l'optique physique. Vibrations, interférences. Vibrations transversales des cordes, étude analytique ; vibrations longitudinales d'une colonne cylindrique. Les deux modes de réflexion. Vitesse de propagation.

OPTIQUE (1)

15^e Leçon. Rappel des lois de la réflexion et de la réfraction dans les substances isotropes. Dispersion, couleurs. Notions de spectroscopie. Phosphorescence, fluorescence. Rappel des procédés de mesure de la vitesse de la lumière.

(1) L'optique est surtout étudiée au point de vue de la préparation à la cristallographie.

Théorie de la lumière, émission, ondulations. Principe d'Huyghens, construction de l'onde réfractée dans les milieux isotropes. 16^e Leçon.

Interférences : ondes parallèles et de même sens (couleurs des lames minces, miroirs de Fresnel, mesure des longueurs d'onde).

Interférences des ondes parallèles et de sens contraires (expériences de Wiener, photographie des couleurs).

Notions sommaires sur la propagation de la lumière et la diffraction. Réseaux. 17^e Leçon.

Polarisation. Polarisation par réflexion. par réfraction. Loi de Brewster. Interférences des rayons polarisés. Conséquences relatives à la rectilignité et à la transversalité des vibrations polarisées. Direction de la vibration par rapport au plan de polarisation. Propriétés de la lumière naturelle. 18^e Leçon.

Double réfraction. Propriétés du spath, construction d'Huyghens et vérification expérimentale de la forme de la surface d'onde des cristaux uniaxes. Cristaux uniaxes positifs, négatifs. Prisme de Nicol. Lumière polarisée elliptique, circulaire. Leur production, leur analyse. 19^e Leçon.

Polarisation chromatique. Spectres cannelés de Fizeau et Foucault. Sections principales d'une lame cristalline, signe et biréfringence d'une lame. Etude générale de la double réfraction, sans aucune hypothèse sur les propriétés de l'éther. Etablissement de la forme de la surface d'onde des cristaux uniaxes. Ellipsoïde inverse. 20^e Leçon.

Passage aux cristaux biaxes par généralisation en admettant que dans ces cristaux l'ellipsoïde inverse est 21^e Leçon.

à trois axes inégaux. Forme de la surface d'onde des cristaux biaxes.

Axes optiques, axes de réfraction conique extérieure. Directions principales d'une lame, leur rapport avec la position des axes optiques.

22^e Leçon. Examen des cristaux en lumière convergente, cristaux uniaxes et biaxes. Angle des axes optiques. Détermination du signe du cristal. Dispersion des axes. Polarisation rotatoire cristalline, théorie de Fresnel ; quelques mots sur la théorie de Mallard. Polarisation rotatoire magnétique.

CHALEUR RAYONNANTE

23^e Leçon. Spectre obscur. Identité des radiations calorifiques et des radiations lumineuses. Lois expérimentales de l'émission et de l'absorption. Proportionnalité du pouvoir émissif et du pouvoir absorbant déduite du principe de Clausius.

ANALYSE MINÉRALE

(1^{re} PARTIE)

(30 LEÇONS)

M. L. BABU, ingénieur des mines, Directeur du Laboratoire.
Professeur.

Généralités. — Objet du cours. — Analyse qualitative et analyse quantitative. Méthodes générales : recherches par la voie sèche, par la voie humide. Echantillonnage : analyse minéralogique et analyse métallurgique.

ANALYSE QUALITATIVE

I. — OPÉRATIONS PRINCIPALES

Volatilisation. — Objet. — Appareils principaux : appareil de Marsh, bec Bunsen, chalumeau, tubes bouchés, tubes ouverts, spectroscope.

Dissolution. — Objet. — Réactifs dissolvants. Action de l'acide chlorhydrique, de l'acide nitrique, de l'eau régale, des carbonates alcalins, de la potasse et du nitre, du bisulfate de potassium.

Précipitation. — Précipitation des métalloïdes : par les sels d'argent, par les sels de baryum, de calcium et de magnésium, par le nitromolybdate. Précipitation des métaux : à l'état métallique, à l'état d'oxydes, de sulfures, de carbonates.

II. — RECHERCHES SPÉCIALES DES ÉLÉMENTS

Métalloïdes. — Eau. Acide carbonique. Composés 3^e et 4^e Leçons du soufre : acide sulfurique, acide sulfureux, acide

hyposulfureux. — Composés de l'azote : acide azotique, acide azoteux, ammoniaque, acide cyanhydrique. Acide phosphorique. — Composés de l'arsenic : acide arsénique, acide arsénieux. Acide iodhydrique. Acide bromhydrique. Composés du chlore : acide chlorhydrique, acide hypochloreux, acide chlorique. Acide borique. Acide silicique. Acide fluorhydrique.

Métaux. — Division des métaux en cinq groupes. Sodium, potassium, baryum, strontium, calcium, magnésium, aluminium, chrome, manganèse, zinc, fer, nickel, cobalt, cuivre, plomb, bismuth, étain, antimoine, mercure, argent, or, platine.

III. — MARCHE SYSTÉMATIQUE DE L'ANALYSE QUALITATIVE

A. *Analyse d'une dissolution.* — Recherche des acides, des bases.

B. *Analyse d'une substance solide.* — Essais sur la substance solide ; essais sur les dissolutions. Exemples.

ANALYSE QUANTITATIVE

PRATIQUE GÉNÉRALE DES ANALYSES

5^e et 6^e Leçons A. *Opérations pour la dissolution.*

Porphyrisation : appareils divers. Dessiccation : étuves diverses ; régulateurs de température. Pesée : balances de précision. Dissolution directe. Attaque par les carbonates alcalins.

B. *Méthodes pondérales.*

Evaporation : bain-marie, bain de sable. Précipitation : décantation, lavages des précipités. Traitement des précipités : dessiccation, calcination. Pesées.

C. Méthodes volumétriques.

Principe. Appareils de mesure des volumes, ballons, pipettes, burettes. Méthodes directes : exemples. Méthodes par résidu ou par reste : exemples. Dosages par saturation, par oxydation ou par réduction, par précipitation.

D. Méthodes électrolytiques.

Relation entre l'électrolyse et les phénomènes chimiques. Définitions : électrolytes, anodes, cathodes. Relations entre le courant électrique et les décompositions électrolytiques. Lois de Faraday. Equivalents électrochimiques. Loi de la force électromotrice minima. Densité d'un courant.

Installations pour l'électrolyse à l'Ecole des Mines. Production du courant. Instruments de mesure : voltmètres et ampèremètres. Rhéostat de réglage à sulfate de cuivre.

Types divers d'électrodes ; capsule de Classen ; appareil à cône et à spirale. Supports et connexions.

Généralités sur la pratique de l'électrolyse. Précipitation des métaux ; précipitation des oxydes.

MÉTALLOIDES

HYDROGÈNE

Préparation de l'hydrogène pur et sec. Usages en analyses. Appareils continus. 7^e Leçon.

OXYGÈNE

Préparation, purification. Usages en analyse. Caractères.

Dosages. — Oxygène libre : par absorption, par eudiométrie. Oxygène dissous : par extraction, par

des procédés volumétriques (hydrosulfite de soude).
Oxygène combiné. Ozone : caractères et dosage.

Eau. — Eau distillée. Usages en analyse. Dessiccation des gaz. Dosage de l'eau : dans les minerais, dans les acides, dans les bases, dans les sels.

Eau oxygénée. — Préparation et usages. Titrage.

AZOTE

Ammoniaque. — Préparation, purification. Usages en analyses. Caractères distinctifs. Réactif de Nessler. Dosage en poids (chloroplatinate) ; dosage volumétrique (acidimétrie). Appareil de Schloësing.

Acide nitrique. — Préparation, purification. Usages en analyse. Caractères principaux des nitrates.

Dosages de l'acide nitrique. Acides nitriques. Dosage volumétrique en présence du sulfate d'indigo (Boussingault) ; dosage volumétrique avec les sels ferreux (Pelouze) ; dosage par transformation en bioxyde d'azote (Schloësing).

Acide azoteux. — Caractères des azotites. Dosage volumétrique.

CHLORE

8^e Leçon. Préparation. Usages en analyse.

Acide chlorhydrique. — Préparation, purification. Usages en analyse. Caractères principaux des chlorures. Dosages : précipitation du chlorure d'argent ; dosage volumétrique.

Acide hypochloreux. — Préparation et propriétés. Chlorométrie.

Acide chlorique. — Caractères des chlorates. Dosage

de l'acide chlorique. Mélange d'un chlorure et d'un chlorate.

Acide perchlorique. — Dosage.

BROME.

Propriétés. Usages en analyse.

Acide bromhydrique. — Caractères des bromures. Dosage du brome. Mélange d'un chlorure et d'un bromure.

Hypobromites et bromates. — Caractères et dosages.

IODE

Propriétés. Usages en analyse. Dosage : iodimétrie.

Acide iodhydrique. — Caractères des iodures. Dosage de l'iode : à l'état d'iodure d'argent et à l'état d'iodure de palladium. Mélanges d'un iodure avec un chlorure et un bromure (méthode de Ad. Carnot).

Acide iodique. — Dosage. Mélange d'iodure et d'iodate.

SOUFRE

Propriétés. Impuretés. Etat naturel. Essai et analyse des minerais. 9^e Leçon.

Hydrogène sulfuré. — Préparation, purification. Usages en analyse ; emploi par voie sèche. Préparation du sulfure d'ammonium. Caractères des sulfures ; action sur le nitroprussiate. Dosage du soufre dans les sulfures par précipitation en sulfate de baryum ; divers procédés d'oxydation. Transformation en hydrogène sulfuré. Essai des pyrites (Pelouze).

Acide sulfurique. Hydrates. Purification. Caractères des sulfates. Dosage à l'état de sulfate de baryum.

Acide sulfureux. — Préparation. Usages. Dosage.

Acide hyposulfureux. — Caractères des hyposulfites. Dosage Dosage volumétrique des composés du soufre par iodimétrie.

Analyse du résidu de la combustion de la poudre.

SÉLÉNIUM ET TELLURE

Propriétés. Sélénures et tellures. Caractères des composés. Sélénites et tellurites ; propriétés et dosage. Séléniates et tellurates ; propriétés et dosage. Mélanges de sulfate, séléniate et tellurate.

Minéraux du sélénium et du tellure.

PHOSPHORE

10^e Leçon. *Hydrogènes phosphorés.* — Caractères principaux. Phosphures.

Acides hypophosphoreux et phosphoreux. — Caractères des phosphites et hypophosphites. Dosage d'un mélange de phosphite et d'hypophosphite.

Acide phosphorique. — Propriétés. Caractères des phosphates tribasiques. Dosages : précipitation à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, à l'état de phosphate de bismuth et à l'état de phosphomolybdate. Dosage volumétrique par le nitrate d'uranium. Dosage en présence : d'alumine et de chaux ; d'oxyde de fer et de chaux ; des terres et des terres alcalines (méthode au citrate et méthode des sulfates). Analyse industrielle des phosphates.

ARSENIC

Hydrogène arsénié. — Propriétés. Arséniures.

11^e Leçon.

Acide arsénieux. — Propriétés. Purification. Caractères des arsénites. Dosage volumétrique. Précipitation à l'état de sulfure. Dosage de l'arsenic dans le précipité de sulfure.

Acide arsénique. — Caractères des arséniates. Réduction par l'acide sulfureux. Dosages : précipitation à l'état d'arséniate ammoniaco-magnésien et à l'état d'arséniomolybdate. Recherche et dosage de l'arsenic par l'appareil de Marsh.

Minéraux de l'arsenic.

ANTIMOINE

Propriétés. Hydrogène antimonié. Oxydes. Caractères des sels. Dosages : précipitation à l'état de sulfure ; précipitation par le zinc ; précipitation électrolytique. Dosage volumétrique.

12^e Leçon.

Séparation de l'arsenic et de l'antimoine.

Minéraux de l'antimoine. Essais et analyse des minerais.

Produits de la métallurgie. Analyse du régule.

FLUOR

Acide fluorhydrique. — Préparation et purification. Usages. Caractères des fluorures. Dosages du fluor ; précipitation à l'état de fluorure de calcium ; procédé Wöhler.

13^e Leçon.

Minéraux. Analyse du spath fluor.

BORE

Acide borique. Propriétés. Caractères des borates. Fluorure de bore. Dosages à l'état de fluoborure de potassium, de borate de magnésie, de borate de chaux (procédé Ditte).

Minéraux. Analyse de la boracite.

SILICIUM

14^e et 15^e Leçons. Préparation. Propriétés. Combinaisons avec les métaux.

Acide silicique. — Quartz ; silice des laboratoires. Propriétés. Fluorure de silicium et acide hydrofluosilicique ; propriétés et préparation. Caractères des silicates. Dosage de la silice par insolubilisation à 100°. Attaque des silicates par les acides, par les bisulfates. Attaque par les carbonates alcalins, par le carbonate de calcium. Attaque par l'acide fluorhydrique, par les fluorures. Attaque par le procédé Lawrence Smith.

Analyse des silicates renfermant de l'eau, des sulfates, des sulfures, des phosphates, des fluorures.

TITANE

Composés oxygénés. Propriétés. Acide titanique : caractères des composés du titane. Dosage du titane ; insolubilisation de l'acide titanique ; dosage volumétrique. Séparation de la silice et de l'acide titanique.

Minéraux du titane. Analyse du sphène. Analyse du fer titané.

CARBONE

16^e Leçon. Variétés diverses. Diamant, graphite, charbons amorphes (noir de fumée, charbon de cornue, charbon de bois, coke, noir animal) ; propriétés.

Propriétés chimiques du carbone. Action sur les oxydes ; combinaisons avec le soufre, l'hydrogène, l'azote. Combinaisons avec les métaux ; carbure de fer ; carbure de calcium.

Oxyde de carbone. — Préparation. Propriétés. Dosage en volume.

Acide carbonique. — Préparation. Propriétés. Usages en analyse. Dosage dans les gaz et en solution dans l'eau. Caractères des carbonates.

Dosage de l'acide carbonique dans les carbonates : par volatilisation et perte de poids, par dégagement et précipitation. Dosage en volume ; calcimétrie.

Acide oxalique. — Propriétés. Caractères des oxalates. Dosages : par précipitation en oxalate de chaux, par réduction du chlorure aurique ; par perte de poids. Dosage volumétrique par le permanganate.

Sulfure de carbone. — Préparation. Propriétés. Usages. Sulfocarbonates ; titrage.

Cyanogène. — Cyanures ; caractères. Dosage à l'état de cyanure d'argent. Dosages volumétriques.

Prussiates. — *Nitroprussiate.* — *Sulfocyanates.*

ANALYSE DES MATIÈRES ORGANIQUES ET DES COMBUSTIBLES

Dosage de l'hydrogène et du carbone. — Oxydation par l'oxyde de cuivre (Liebig), par le chromate de plomb, par l'oxygène. Méthode de Cloëz.

17^e et 18^e
Leçons.

Dosage de l'azote organique. — Transformation en ammoniacque (Will et Warrentrapp) ; oxydation par l'oxyde de cuivre (Dumas) ; procédé Kjeldahl. Dosage de l'azote dans les engrais.

Dosage du soufre. — Oxydation par l'eau régale, par l'oxygène, par l'air (Eschka).

Dosage du phosphore, du chlore, du brome, de l'iode, des matières minérales.

Essai des combustibles. — Détermination du pouvoir calorifique. Analyse des houilles, des cokes, des schistes bitumineux.

ANALYSE DES MÉLANGES GAZEUX

19^e Leçon. *Notions sommaires sur les méthodes en poids et sur les procédés volumétriques.*

Méthodes en volumes. — Corrections. Principes généraux des appareils. Liquides absorbants. Tubes mesureurs.

Burette à gaz de Bunte. Burette et pipettes d'absorption de Hempel. Appareil d'Orsat.

Dosage des gaz par combustion. Grisoumètres.

Dosage du grisou par la limite d'inflammabilité.

POTASSIUM ET SODIUM

20^e et 21^e Leçons. *Potasse caustique.* — Purification ; usages en analyse. Caractères des sels de potassium.

Soude caustique. — Caractères des sels de sodium.

Dosage des alcalis. — Dosage à l'état de chlorures, sulfates, carbonates.

Dosages spéciaux de la potasse à l'état de perchlorate, de chlorure double de platine et de potassium. Précipitation de la potasse à l'état d'hyposulfite double de potassium et de bismuth, et dosage volumétrique (Carnot).

Analyse des mélanges de sels de potassium et de sodium.

Minéraux du potassium et du sodium. Produits d'art et réactifs. Analyse de la carnallite. Essai des potasses. Analyse du nitrate de potassium. Analyse de la poudre de mine. Analyse du chlorure de sodium. Titrage des soudes du commerce.

LITHIUM

Lithine. Propriétés. Caractères des sels de lithium. 22^e Leçon.

Dosage à l'état de sulfate. Mélanges contenant lithine, soude et potasse.

Minéraux du lithium. Analyse du mica lépidolithe.

BARYUM

Propriétés des oxydes. Caractères des sels. Dosage à l'état de sulfate. Minéraux du baryum ; analyse de la barytine. Réactifs ; essai du bioxyde de baryum.

STRONTIUM

Caractères des sels. Dosage à l'état de sulfate et à l'état de carbonate.

Séparation de la baryte et de la strontiane.

CALCIUM

Caractères des sels. Dosages par précipitation à l'état d'oxalate. Dosage et séparation en présence de l'acide phosphorique, des alcalis, de la baryte et de la strontiane. 23^e Leçon.

Minéraux du calcium. Examen d'une pierre à chaux. Analyse d'un calcaire. Essai et analyse de la pierre à plâtre. Analyse des phosphates.

MAGNÉSIUM

Propriétés. Caractères des sels. Dosage à l'état de magnésie, de sulfate de magnésie, de phosphate de 24^e Leçon.

magnésie. Séparation de la magnésie des alcalis, des terres alcalines, de l'acide phosphorique.

Minéraux du magnésium. Analyse de la dolomie.

ALUMINIUM

Propriétés. Alumine ; propriétés. Caractères des sels. Dosage ; précipitation de l'alumine par l'ammoniaque, par l'hyposulfite de sodium ; dosage à l'état de phosphate. Séparation et dosage en présence des alcalis, des terres alcalines, de l'acide phosphorique.

Minéraux et produits d'art. Essai des émeris. Analyse de la cryolithe. Essai des kaolins et examen des argiles. Analyse des aluns.

GLUCINIUM

25^e Leçon. Caractères des sels. Dosage par précipitation de la glucine. Séparation de la glucine et de l'alumine.

Minéraux de la glucine. Analyse de l'émeraude.

ZIRCONIUM

Caractères des sels. Analyse du zircon.

CHROME

Oxydes ; propriétés. Caractères des sels. Transformation des sels de chrome en chromates et réciproquement. Dosages ; précipitation à l'état d'oxyde de chrome, de chromate de plomb, de phosphate de chrome. Dosage volumétrique. Séparation de l'oxyde de chrome et de l'alumine.

Minéraux. Analyse du chromate de plomb, du fer chromé.

MANGANÈSE

Oxydes et sulfure ; propriétés. Caractères des sels. 26^e Leçon.
 Manganates et permanganates. Dosage ; précipitation
 à l'état de sulfure, à l'état de bioxyde. Dosage volumé-
 trique. Séparation du manganèse de l'alumine et de
 l'oxyde de fer ; méthode des acétates.

Minéraux. Essai et analyse des manganèses pour les
 verreries, pour les hauts-fourneaux, pour les usines de
 produits chimiques.

FER

Oxydes, sulfures ; propriétés. Alliages avec les 27^e et 28^e
 métalloïdes. Caractères des sels. Dosage : à l'état de Leçons.
 sesquioxyde, à l'état de sulfure. Dosages volumétri-
 ques par le permanganate, par le bichromate de potas-
 sium, par l'iodure de potassium.

Séparation du fer de l'acide phosphorique, des alcalis
 et des terres alcalines, de l'alumine, de l'oxyde de
 chrome, du manganèse. Méthode de l'hyposulfite de
 sodium ; méthode des acétates, méthode des nitrates ;
 méthode des carbonates alcalino-terreux.

Minéraux et minerais. Essai des pyrites. Analyse des
 arséniosulfures. Analyse d'un minerai oxydulé, de la
 franklinite, d'une hématite rouge, des minerais
 hydratés, d'un fer spathique, d'un fer carbonaté lithoïde.

Analyse des scories et des laitiers, des scories de
 déphosphoration.

ANALYSE DES FONTES, DES FERS ET DES ACIERS

Carbone. — Etats divers. Dosage du carbone total : 29^e et 30^e
 par oxydation ou combustion (appareil de Wiborgh) ; Leçons.
 par pesée directe après dissolution du fer (attaque

par le brome, le chlorure cuivrique, le chlorure mercurique).

Dosage du graphite. Dosage du carbone dissous par le procédé Eggertz.

Silicium. — Dosage après attaque par l'acide sulfurique.

Phosphore. — Dosage à l'état de phosphomolybdate (méthode de Ad. Carnot).

Soufre. — Discussion des divers procédés en usage. Dosage par transformation en hydrogène sulfuré (attaque par l'acide chlorhydrique ; volatilisation par l'hydrogène et l'acide carbonique). Dosage volumétrique par le procédé américain.

Manganèse. — Discussion des divers procédés de dosage. Dosages par précipitation ; méthode volumétrique de Ad. Carnot ; méthodes colorimétriques.

Chrome, tungstène, titane, métaux. — Procédé de dosage.

MINÉRALOGIE

(24 LEÇONS)

M. FRIEDEL, ingénieur des mines. Professeur.

CARACTÈRES ORGANOLEPTIQUES DES MINÉRAUX

Notion de l'espèce minéralogique. Cassure, structure, 1^{re} Leçon.
couleur, éclat, aspect de la poussière, dureté, ténacité, etc...

CARACTÈRES CRISTALLOGRAPHIQUES. CRISTALLOGRAPHIE

Définition du milieu cristallisé comme jouissant de
l'homogénéité à tous les points de vue.

Cristallographie géométrique. — Notions sur la 2^e Leçon.
théorie de Haüy, loi des troncatures rationnelles.
Théorie de Bravais, réseau cristallin, son existence
déduite de l'homogénéité. Coordonnées numériques,
caractéristiques d'une rangée, d'un plan. Condition
pour que trois plans soient en zone.

Loi de symétrie. Axes, plans, centre de symétrie, 3^e Leçon.
quelques théorèmes relatifs à la symétrie des polyèdres
en général et au cas particulier des réseaux de parallé-
lipipèdes. Un réseau ne peut avoir que des axes d'ordre
2, 3, 4 ou 6. Recherche des modes de symétrie possible
pour les réseaux : les 7 systèmes cristallins. Différences
entre la symétrie du réseau et celle du cristal : hémiedrie.
Divers modes : parahémiedrie, antihémiedrie, hémiedrie
holoaxe.

Notions sur l'isomorphisme et le polymorphisme. 4^e Leçon.
Notations cristallographiques, systèmes de Miller et de
Lévy. Etude des sept systèmes : système cubique
formes holoèdres.

5^e Leçon. Formes parahémièdres, antihémièdres, tétartoèdres du système cubique.

6^e Leçon. Système hexagonal, formes holoèdres et parahémièdres. Système rhomboédrique, formes holoèdres.

7^e Leçon. Formes hémièdres holoaxes, parahémièdres et antihémièdres du système rhomboédrique.

Système quadratique, formes holoèdres, parahémièdres et antihémièdres. Système orthorhombique, formes holoèdres, hémièdres holoaxes et antihémièdres.

Système clinorhombique. Système anorthique.

8^e Leçon. Groupements des cristaux. Mâcles par hémitropie ou à réseaux symétriques ; exemples dans les divers systèmes ; mâcles artificielles. Mâcles par pénétration ou à réseau continu ; cas des cristaux hémièdres ; cas où il n'y a qu'une pseudo-continuité du réseau, cristaux à formes limites, pseudosymétriques, théorie de Mallard.

Groupements d'espèces différentes entre elles.

9^e Leçon. Notions très sommaires sur les procédés de calcul cristallographiques. Goniomètre.

Propriétés internes en rapport avec la symétrie cristalline. Clivages, plans de séparation ; dureté ; figures de corrosion ; pyroélecticité. Rappel des propriétés optiques (voir le cours de Physique) ; position et forme de l'ellipsoïde inverse dans les divers systèmes ; biréfringence et signe optique ; dispersion des axes. Pléochroïsme. Pouvoir rotatoire cristallin.

CARACTÈRES CHIMIQUES DES MINÉRAUX

10^e Leçon. Essais qualitatifs au chalumeau. Essais au tube fermé, au tube ouvert, essais de fusion et de coloration de la flamme, essais sur le charbon, perles de borax et de sel de phosphore, essais au carbonate de soude, au nitrate de cobalt.

DESCRIPTION DES ESPÈCES MINÉRALES USUELLES

Métalloïdes.

Famille de l'oxygène. — Soufre, tellure.

11^e Leçon.

Famille de l'azote. — Arsenic, antimoine, bismuth, réalgar, orpiment, stibine, bismuthine, tétradymite, arsénolite, claudétite, senarmontite, exitèle, cervantite, sassoline.

Famille du carbone. — Diamant. Graphite.

Carbures naturels, solides, liquides, gazeux. Succins. 12^e Leçon.
Rutile, anatase, brookite, cassitérite.

Quartz, calcédoines, tridymite, christobalite, opale. 13^e Leçon.

Silicates.

Silicates anhydres de sexquioxydes : andalousite, disthène, sillimanite, eulytine, dumortière.

Silicates anhydres de protoxydes : 14^e Leçon.

I. Péridots, willémitte, phénakite.

II. Pyroxènes, rhodonite, wollastonite, bronzites, achmite, aegyrine, babingtonite, jadéite.

III. Amphiboles, anthophyllite, arfvedsonite, crocidolite, glaucophane. 15^e Leçon.

Silicates anhydres de protoxydes et sexquioxydes :

I. Groupe feldspathique. Feldspaths.

Feldspathides : pétalite, pollux, triphane, leucite, 16^e Leçon.
néphéline, sodalithe, hauÿne, noséane, cancrinite, wernérites, sarcolite, mélilite.

II. Grenats, épidote, zoizite, idocrase, cordiérite, staurotide, ilvaïte, émeraude, euclase.

- 17^e Leçon. III. micas, muscovites, margarite, paragonite, lépidolithe, biotites, phlogopite.

Silicates hydratés de protoxydes et sexquioxydes :

I. Groupe de la clintonite.

II. Groupe des chlorites.

III. Groupe des zéolithes : thomsonite, mésotype, scolézite, analcime, christianite, harmotome, chabasie, stilbite, heulandite.

IV. Prehnite, glauconie.

- 18^e Leçon. Silicates hydratés de protoxydes : Talc, magnésite, garniérine, serpentine, calamine, diopase, crysochloë, apophyllite.

Silicates hydratés de sexquioxydes : anthosidélite, argiles.

Silicates contenant divers acides : topaze, datolite, axinite, tourmaline, sphène, zircon.

Métaux.

- 19^e Leçon. Famille des métaux alcalins : chlorures, sulfates, carbonates, azotates, borates.

Famille des sexquioxydes : Fluorures, cryolithe.

Oxydes : corindon, oligiste, braunite, ilménite.

Hydrates : Diaspore, goëthite, acérodèse, bauxite, limonite.

- 20^e Leçon. Sulfates : Alunite. Phosphates et arséniate : amblygonite, scorodite, turquoise, wawellite, dufrénite, pharmacosidélite.

Famille des métaux terreux et alcalino-terreux. — Sulfures, arsénifères et antimonifères : galène, blende, greenockite, alabandine, millérite, pyrrhotine, nickéline, breithauptite, hauérite, pyrite, marcasite, löllingite,

mispickel, glaucodot, cobaltine, ullmannite, smaltine, cloanthite.

Sulfo-sels : Zinckénite, jamesonite, boulangérite.

Chlorures et fluorures : fluorine, cotunnite, carnallite.

Oxydes : périclase, zincite, haussmannite, pyrolusite, wad, brucite.

Carbonates : série de l'aragonite. Série de la calcite. 21^e Leçon.

Hydrocarbonates : zinconise.

Sulfates : anhydrite. Série de la barytine. Glaubérite.

Sulfates hydratés : gypse, kiesérite, epsomite, 22^e Leçon.
polyhalite, kainite.

Tungstates et molybdates : schéelite, wulfénite, stoltzite, wolfram. Chromates, crocoïse. Borates, boracite, colemannite.

Spinelles : Spinelle, pléonaste, gahnite, franklinite, magnétite, chromite, cymophane.

Phosphates et arséniate : série de la pyromorphite, triplite, vivianite, érythrine. Titanates, pérowskite.

Urane. — Pechurane, chalcolite, uranite.

Mercure. — Mercure natif, cinabre, calomel.

Cuivre. — Cuivre natif, sulfures, arsénieuses, anti- 23^e Leçon.
moniures, chalcosine, covelline, chalcoppyrite, phillipsite, cuivres gris, bournonite.

Oxydes : cuprite, mélaconise. Oxychlorures, atacamite, boleite.

Carbonates : azurite, malachite. Sulfates : chalcantite, brochantite.

Phosphates et arséniate : liebethénite, olivénite, euchroïte, licronite, chalcophyllite.

24^e Leçon. *Argent.* — Argent natif. Sulfures, arséniures et anti-moniures : argyrose, acanthite, dyscrase, stromeyerite, polybasite, psaturose, pyrargyrite, proustite. Chlorure, bromure, iodure.

Or. — Or natif, sylvanite, nagyagite.

Platine et métaux connexes. Iridium, palladium.

Sulfure et arséniure : laurite, sperrylite.

PERSPECTIVE ET STÉRÉOTOMIE

(24 LEÇONS)

M. GRAND'EURY, correspondant de l'Institut, Professeur.

Complément de Géométrie descriptive.

Surfaces réglées, développables et gauches. 1^{re} Leçon.

Théorie comparée de ces deux sortes de surfaces.

Surfaces gauches. Représentation de la corne de vache, du cylindroïde, du conoïde, du conoïde hélicoïdal, de l'hélicoïde gauche.

Plan tangent à ces deux dernières surfaces. Impossibilité de mener directement le plan tangent aux autres. 2^e Leçon.

Surfaces gauches du second degré.

Propriétés, représentation de l'hyperboloïde gauche ; plan tangent à cette surface déterminée par trois directions, dont l'une est verticale. Hyperboloïde gauche de révolution. 3^e Leçon.

Propriétés, représentation du paraboloïde gauche ; plan tangent à cette surface déterminée par trois directrices, dont l'une est verticale.

Paraboloïde gauche à plan directeur ; plan tangent.

Raccordement des surfaces gauches suivant une génératrice commune. Hyperboloïde et paraboloïde tangents. Paraboloïde normal.

Construction du plan tangent à la corne de vache, au cylindroïde, au conoïde. 4^e Leçon.

Intersection des surfaces ; cas où étant du 2^{me} degré elles ont même plan diamétral principal commun.

- 5^e Leçon. Intersections d'une sphère avec un cylindre ; de deux surfaces de révolution à axes parallèles, de deux surfaces de révolution dont les axes se rencontrent, etc.

I. — OMBRES

- 6^e Leçon. Introduction. Plan tangent parallèle à une direction donnée aux surfaces développables et de révolution. Cylindre circonscrit. Nature de la courbe de contact dans le cas des surfaces du second degré.

Cylindre circonscrit à l'ellipsoïde, à la sphère, au boudin.

- 7^e Leçon. Définition des ombres propres et portées, et des points brillants. Recherche des points brillants sur l'ellipsoïde, sur la sphère, etc. Définition et comparaison des teintes apparentes. Lignes d'égale teinte. Principes du lavis.

Epures de l'ombre portée d'une cheminée sur un comble, des ombres propre et portée d'une pyramide, d'un cylindre droit, etc.

- 8^e Leçon. Ombres des corps ronds.

Ombres portées ou projections obliques de cercles et disques dans les trois positions principales.

Ombres propre et portée d'un disque sur un cylindre, d'un filet sur un boudin. Emploi des projections obliques pour la détermination des points de rencontre des lignes d'ombres propre et portée.

Ombres des corps creux sur eux-mêmes, d'un cylindre ouvert, d'un tronc de cône renversé, d'une niche, etc.

II. — PERSPECTIVE

- 9^e Leçon. Perspective des figures et des corps ronds. Contour apparent de perspective.

Introduction. Plan tangent aux surfaces par un point ;
cône circonscrit, nature de la courbe de contact.

Construction du cône circonscrit à l'ellipsoïde, à la sphère, etc.

Perspective de la droite, d'un carré. Artifice employé pour éviter les superpositions de figures.

Perspective d'un losange, de deux losanges concentriques, d'un parquet. Mise en perspective d'une maison, d'une usine.

Perspective des corps ronds : de circonférences concentriques, de cercles et disques dans les trois positions principales. 10^e Leçon.

Perspective d'un cône, d'un vase, d'une niche, d'un portique.

Perspectives rapides.

Perspectives isométrique, axonométrique et cavalière. Echelles. Applications à un assemblage de charpente, au portique. 11^e Leçon.

Perspective isométrique des corps ronds, d'une circonférence, d'un cylindre, etc.

III. — STÉRÉOTOMIE, CHARPENTE ET COUPE DES PIERRES

§ 1^{er}. — CHARPENTE

Assemblages de pièces équarries : à mi-bois, à tenon et mortaise, droits, obliques avec embrèvement, à Oulice, en queue d'hironde, etc. Joint anglais ; entailles en sifflet, en gueule de loup. Assemblage à onglet. Entures par quartiers, en trait de Jupiter, en queue d'hironde, à mi-bois. 12^e Leçon.

Tenon sur l'arête.

Assemblages de pièces délardées, de rondins.

Consolidation des pièces de charpente, assujettissement des assemblages par des ferrures. Pièces armées.

13^e Leçon. Charpente. Principes, agencement des pièces de bois. Pans indéformables et articulés.

Aisseliers, contre-fiche, arc-boutant. Moises.

14^e Leçon. Cadre. Croix de Saint-André.

Description des charpentes de pont, de chevalement de puits de mine, de chevalet.

Epure du pilier de chevalet.

Des combles. Appentis et toiture.

Composition de la charpente de toiture. Forme droite. Ferme biaise, épure.

15^e Leçon. Croupes droites et biaises.

Données de la croupe biaise. Projet, épures de l'enrayure, de l'arbalétrier de la dernière ferme de longpan, de l'empanon droit, de l'arbalétrier d'arêtier, de l'empanon délardé.

16^e Leçon.

Toitures composées. Combles en pavillon, en chalet.

Toiture coudée. Epure de la ferme de noue.

Fermes de mansarde, de comble brisé, à longue portée.

17^e Leçon. Exécution des charpentes industrielles et architecturales. Lignage et contre-lignage. Etelon. Mise en tas. Piqué et tracé des assemblages.

§ 2. — COUPE DES PIERRES

Définitions. Principes.

Voûtes, portes et berceaux de formes et profils divers.

Appareillage. Epures d'exécution. Modèles de report. Taille des voussoirs. Cintres.

Porte en plate-bande. Voûte plate.

Appareillage de la porte et du berceau droit en plein cintre ; du berceau biais en plein cintre ; du berceau biais en talus ; de l'arc-rampant biais. 18^e Leçon.

Arches biaises. Conditions d'équilibre. Biais passé à intrados cylindrique et gauche. Appareil en crémaillère.

Appareils orthogonal et hélicoïdal. Epure d'exécution d'un voussoir ordinaire et d'un voussoir de tête. Simplifications. 19^e Leçon.

Voûtes composées. 20^e Leçon.

1^o Voûte d'arête et en arc de cloître.

Appareillage du berceau coudé ;

2^o Voûtes et portes à lunette.

Appareillage de la voûte à lunette droite, de la porte à lunette. 21^e Leçon.

Tour ronde (puits de mine).

Appareillage de la lunette en tour ronde, de la porte en tour ronde, d'une cheminée de tunnel. 22^e Leçon.

Evasement en corne de vache des arches de pont.

Voûte sphérique. Berceau tournant. 23^e Leçon.

Voûte conique. Porte conique en talus. Trompe sur l'angle.

Arrière-voussure de Marseille. 24^e Leçon.

Appareillage de l'escalier suspendu.

Vis Saint-Gilles.

LEVÉ DE PLANS

(12 LEÇONS)

M. GRAND'EURY, correspondant de l'Institut, Professeur.

DE LA GÉODÉSIE ET DE LA TOPOGRAPHIE

1^{re} Leçon. Levé de plans. Cas où il faut tenir compte de la rondeur de la terre, par exemple pour le percement de certains tunnels. La détermination de la méridienne astronomique est aussi du domaine de la géodésie où l'on a à résoudre des triangles sphériques.

Eléments de trigonométrie sphérique. Formules fondamentales. Résolution des triangles obliquangles et rectangles.

GÉODÉSIE

2^e Leçon. Mesure des longueurs, définition de l'angle azimutal et de l'angle zénithal. Réduire un angle à l'horizon. Des trois coordonnées géographiques, détermination de celles d'un point par rapport à un autre.

Triangulation géodésique.

Construction des cartes par développement conique, par projections stéréographiques et par projections orthogonales.

3^e Leçon. Détermination de la méridienne astronomique. Emploi des astres. Théorème des hauteurs égales. Tracé de la méridienne par la méthode des hauteurs égales, par l'une des elongations de l'Etoile polaire; par une ou deux observations du soleil.

TOPOGRAPHIE

Système de représentation par plans cotés. Point, droite, plan. Applications à la géométrie souterraine. 4^e Leçon.

Détermination du relief topographique par décomposition en facettes, par courbes de niveau.

Lignes remarquables. Bassin hydrographique.

Applications diverses.

Profils en long et en travers.

Dessin du relief topographique.

Plan topographique, teintes conventionnelles, dessin des cultures usuelles. Ecritures des plans. Echelles. Copie. Réduction. Pantographe. 5^e Leçon.

Du levé des plans. — Il se décompose en deux opérations : planimétrie, hypsométrie.

Planimétrie. — Levé des détails par abscisses et ordonnées. Canevas polygonal. Méthodes par intersections, par cheminement. Méthode de triangulation. Méthode des azimuts. Orientation des plans.

Report des plans. Méthode graphique, inconvénients. Méthode de coordonnées, avantages. Calcul des coordonnées horizontales, directement avec les éléments du levé par la méthode des azimuts ; calcul préalable dans le cas du levé au goniomètre. Problèmes.

Pratique du levé des plans. — Alignements. — Mesure des longueurs horizontales. Levé métrique. 6^e Leçon.

Description de la planchette, son emploi.

Equerre d'arpenteur. Vérification, usage.

Graphomètre, idem.

Goniomètre. Excentricité de collimation.

Conditions que doit remplir un goniomètre parfait.

7^e Leçon. Description de ses organes essentiels : limbe, vernier, niveau à bulle d'air, lunette géodésique. Réitération de l'angle, vérification du niveau, centrage de la lunette.

Description du théodolite. — Rapports que doivent présenter ses organes essentiels, vérification et rectification de ces rapports.

. Mise en station et emploi du théodolite Combes. Ramener l'angle au centre de la station. Théodolites à lunette centrée.

8^e Leçon. Applications du théodolite à la détermination de la méridienne astronomique, de la hauteur du pôle nord ; manière de viser le centre du soleil.

Boussole de levé de plans de surface. — Définition des azimuts magnétiques. Sens de graduation des boussoles. Signe des angles lus. Conditions d'une bonne boussole. Excentricité de l'aiguille, nécessité de faire deux lectures à 180°.

Description, vérification et emploi de la boussole carrée. Excentricité de visée ; calculer l'erreur correspondante ou l'éviter par une double observation. Boussole à visée centrale.

HYPOMÉTRIE OU NIVELLEMENT

9^e Leçon. Niveau apparent. Opérations, formules.

Mires. Niveau d'eau. Niveau à pinnules.

Niveaux parfaits. Organes essentiels, leurs rapports de parallélisme. Description, vérification et rectification : 1^o du niveau d'Egault ; 2^o du niveau Lenoir à bulle indépendante.

10^e Leçon. Nivellement trigonométrique par l'inclinaison, par la pente. Boussole nivelante. Niveau de Chézy, emploi.

Lunette Stadia. Lunette anallatique.

Tachéomètre avec lequel on lève et nivelle un plan, son emploi en pays de montagnes.

LEVÉ DE PLANS DE MINE

Levé à la boussole suspendue; représentation du polygone; mesure de l'inclinaison, de la direction, de la longueur d'une station. 11^e Leçon.

Précautions à prendre. Carnet de lever. Calcul des projections horizontales et verticales. Report graphique avec le rapporteur.

Report par la méthode de coordonnées, calcul de celles-ci, carnet d'archives. Réversibilité de la méthode.

Variations dans le temps et dans l'espace de la déclinaison magnétique; nécessité d'en tenir compte dans le levé qui dure autant que la mine; les boussoles d'un autre côté ne donnent pas des angles comparables, d'où avantage de rapporter dès le début le plan à la méridienne astronomique. 12^e Leçon.

Boussole Malartre.

Rapporteur Tabarant.

Lever à la boussole belge.

Lever au théodolite des galeries principales. Orientation par le déclinatoire Malartre.

COURS DE 2^e ANNÉE

EXPLOITATION DES MINES

(45 LEÇONS)

M. BÈS DE BERC, ingénieur des mines, Professeur.

GÉNÉRALITÉS

Formation de la croûte terrestre. Terrains ignés et 1^{re} Leçon.
terrains sédimentaires.

Classification des gisements : couches, amas, filons
et dykes.

Définitions : toit, mur, puissance, épontes, affleu-
rement, direction, inclinaison.

Modes de formation des gîtes sédimentaires :
sédimentation, précipitation chimique, évaporation.

Accidents dans l'allure des gîtes sédimentaires :
accidents contemporains, et accidents postérieurs.
Exemples d'allures diverses. Dressants. Plaqueurs.

Modes de formation des gîtes filoniens : injection,
sublimation, minéralisation par les eaux thermales.

Aspect que présente en général la coupe d'un filon.

Variations d'allure et de richesse des filons. Formation
et propagation de la fracture-mère. Règles de Moissenet,
de M. Haton de la Goupillière.

Action chimique des roches encaissantes.

Limitation des filons en profondeur.

Modifications amenées dans le filon par le voisinage
de la surface.

Croisement de fractures ou de filons ; définitions : croiseur, croisé, rejet.

Règle de Schmidt.

Détermination graphique du rejet horizontal.

Divers chemins à suivre pour passer une faille et retrouver le gîte.

TRAVAUX DE RECHERCHE

2^e Leçon. Indices géologiques, paléontologiques, pétrographiques. Causes d'erreur.

Principe de la continuité des gîtes. Exemples.

Principe du parallélisme des gîtes. Classement des filons par « heures » dans une région minéralisée. Exemples de Freiberg, du Laurium.

Indications minéralogiques locales.

Indications archéologiques. Profondeur des travaux des anciens. Causes probables ayant amené l'arrêt de ces travaux.

Précautions à prendre avant de reprendre l'exploitation d'anciens travaux.

Indications magnétiques ; magnétomètre de Thalen ; emploi de la boussole d'inclinaison ; révélateur électrique de Mac Evoy.

CONDUITE DES TRAVAUX D'EXPLORATION

Définitions : sondages, puits, descenderies ou fendues, travers-bancs.

Marche à suivre en pays montagneux.

Marche à suivre en plaine.

Moyen d'évaluer la valeur et l'exploitabilité du gîte

DU SONDAGE

3^e Leçon. Classification des procédés. Diamètres employés, profondeurs atteintes.

A. Sondage à la tige.

Outils de percussion. — Tête de sonde.

Outils de percussion. — Rallonges ; guides et parachutes.

Outils de percussion. — Joints et coulisses ; coulisses à chute libre (Eynhausen) ; à poids mort (Degoux et Laurent, Lippmann) ; à réaction (Kind) ; à bayonnette (joint Fabien) ; à frein hydraulique (Dru).

Outils de percussion. — Trépans ; diverses formes.

Curage du trou de sonde ; cloche à boulet ; cloche à soupape ; système Fauvelle.

Extraction d'échantillons.

Appareils extérieurs. Chevalement et moteur.

Marche d'une opération.

Cas où le trou dévie ; moyen de le redresser.

Traversée des terrains bouillants.

Tubage. — Description des tubes ; assemblage des tubes.

Tubage. — Enfoncement du tubage.

Tubage. — Outils élargisseurs.

Tubage. — Arrachage d'une colonne de tubes.

Accidents possibles au cours d'un sondage. Moyen d'y remédier.

B. Sondage à la corde.

*Principe. Inconvénients et avantages. Cas où il est
avantageux à employer.* 4^e Leçon.

Outils employés.

Curage. Elargissement.

Marche d'une opération.

C. Sondage au diamant

Principes : Inconvénients et avantages. Cas d'emploi.
Outils.

Résultats économiques. Exemples.

Organisation économique d'un sondage.

*Applications du sondage aux travaux de recherche,
à l'exploitation, au fonçage des puits.*

*Exploitation du pétrole : en Pensylvanie, dans le
Caucase.*

Exploitation des gaz naturels.

PUITS ARTÉSIENS

5^e Leçon.

Théorie.

Lois réglant le niveau piézométrique et le débit.

Exemples de puits artésiens.

ABATAGE

Classification des roches suivant la dureté.

*Travail à la main dans les roches ébouleuses ;
travail du terrassier.*

*Travail à la main dans les roches tendres. Cas
de la houille. Outils ; mode d'abatage.*

*Disposition des chantiers ; organisation et division du
travail.*

*Travail à la main dans les roches dures. Pointerolle.
Aiguille infernale.*

Travail au feu.

*Travail à l'eau. — Attaque mécanique. Anciennes
exploitations californiennes de sables aurifères.*

*Travail à l'eau par dissolution ; exploitation des
salines.*

Travail à l'eau par hydratation et dilatation d'un cylindre de chaux vive comprimée.

EXPLOSIFS

Explosions du 2^e ordre et explosions de 1^{er} ordre. 6^e Leçon.
Onde explosive.

Vitesse de l'onde explosive ; déterminations de Berthelot.

Explosifs lents et explosifs brisants. Décomposition incomplète.

Moyens de provoquer la détonation d'un explosif.

Détermination de la température produite par la détonation d'un explosif à volume constant.

Explosion à pression constante.

Explosion avec production de travail mécanique.
Abaissement de température en résultant.

Calcul de la pression initiale ; définition de la puissance de l'explosif.

Détermination expérimentale de la pression. Crushers.

Méthodes expérimentales pour comparer entre elles les puissances de divers explosifs. Expériences de Nobel.
Expériences faites à Saint-Etienne en 1874.

Lois expérimentales résultant des travaux de MM. Sarrau et Roux.

COMPOSITION

ET PROPRIÉTÉS DES PRINCIPAUX EXPLOSIFS

Poudre.

7^e Leçon.

Fulminate de mercure.

Détonateurs au picrate de plomb et à l'azotate de diazobenzol.

Dérivés nitrés des carbures aromatiques. Nitrobenzines et nitronaphtalines.

Dérivés nitrés de la cellulose. Fulmicotons.
Nitroglycérine.
Dynamites.

EXPLOSIFS DE SÛRETÉ

8^e Leçon. Température d'inflammation d'un mélange inflammable d'air et de grisou.

Retard à l'inflammation. Expériences de Mallard et Le Châtelier.

Définitions des explosifs de sûreté par les conditions qu'ils doivent remplir.

L'addition d'azotite d'ammoniaque permet de transformer la plupart des explosifs en explosifs de sûreté.

Méthode pour calculer un explosif de sûreté.

Explosifs-roche et explosifs-couche.

Influence essentielle du poids de la charge d'explosif, et du bourrage.

Circulaire ministérielle du 1^{er} août 1890.

Explosifs de sûreté à base de dynamite. Grisoutines.

Explosifs de sûreté à base de fulmicoton.

Explosifs de sûreté à base de nitrobenzine ou nitronaphtaline. Grisoutine (Explosif Favier).

Degré de sécurité des explosifs par rapport à l'inflammation des poussières.

9^e Leçon. Emmagasinement de la dynamite et des explosifs en général. Etudes et conclusions de la Commission d'expériences de Blanzey.

Emploi de la dynamite et des explosifs dans les mines. Circulaire ministérielle du 11 juin 1889.

Tirage des coups de mines. Forage des trous à la main.

Chargement. Cartouches.

Bourrage.

Allumage à la mèche Bickford.

Tirage électrique. Amorcees. Groupement en dérivation ou en série. Machines statiques ou machines d'induction.

Avantages du tir électrique en volée : au point de vue de l'effet mécanique ; au point de vue de la sécurité.

Disposition des trous de mine. Cône d'avancement.

Détermination de la charge.

Organisation du travail. Prix de revient suivant la dureté de la roche.

PERFORATION MÉCANIQUE

Perforatrices à main, agissant par rodage (types 10^e Leçon. Elliot, Cantin).

Perforatrices commandées par un agent moteur (air comprimé).

Perforatrices rotatives.

Perforatrices mécaniques percutantes. Conditions qu'elles doivent remplir.

Perforatrice Dubois et François.

Perforatrice Eclipse (Burton).

Affûts pour perforatrices. Grand affût du Mont Cenis.

Affût Burton.

Avantage de l'emploi des perforatrices. Avancement.

Prix de revient.

Bosseyeuses.

Haveuses.

SOUTÈNEMENT

Nécessité du soutènement. Résistance à la flexion. 11^e Leçon.
Résistance au cisaillement. Les formules de résistance des matériaux ne sont pas applicables aux galeries de mines, à cause du défaut d'homogénéité et des fissures des roches.

Études de M. Fayol. Conclusions au point de vue de la fatigue des strates.

A. Boisage.

Classification des bois suivant leur nature. Achat, emmagasinement. Conservation.

Boisage des tailles en terrain non ébouleux. Déboisage.

Boisage des galeries en terrain non ébouleux.

Cas des terrains ébouleux ou aquifères. Poussage par palplanches.

B. Muraillement.

12^e Leçon. Muraillement des galeries en terrain non ébouleux. Muraillement en briques.

Muraillement des galeries en terrain non ébouleux. Muraillement en maçonnerie.

Cas des terrains ébouleux. Muraillement précédé d'un poussage.

C. Blindage métallique.

Fers employés. Prix de revient.

PERCEMENT ET SOUTÈNEMENT DES TUNNELS

Longueur. Détermination du tracé et du profil. Exemples. Nécessité de tenir compte de la température.

Méthode descendante ou méthode belge (Saint-Gothard).

Méthode montante (Mont Cenis).

Méthode de l'Arlberg.

Cas exceptionnel des terrains très ébouleux. Cas des terrains aquifères, emploi du bouclier de Brunnel. Tunnels sous la Tamise.

DES PUITES

13^e Leçon. Formes et dimensions des puits. Disposition générale de l'aménagement.

Classification des méthodes de fonçage à niveau bas et à niveau plein.

A. FONÇAGE A NIVEAU BAS

Puits boisés. Terrains non aquifères.

Puits boisés. Terrains aquifères. Marche générale du fonçage.

Pose d'une trousse picotée.

Construction d'une retraite de cuvelage.

Prix de revient.

Puits muraillés. Terrains non aquifères et solides.

Puits muraillés. Terrains aquifères et solides.

Puits muraillés. Terrains aquifères et coulants.

Puits à blindage métallique. Construction et pose du cuvelage. 14^e Leçon.

Formules de résistance pour le calcul des cuvelages.

Elargissement des puits.

Approfondissement des puits. Réavalement.

Approfondissement des puits. Fonçage sous stot.

Procédé Lisbet.

B. FONÇAGE DES PUIITS A NIVEAU PLEIN

Procédé Triger.

Procédé Kind et Chaudron.

Procédé Pöetsch.

MÉTHODES D'EXPLOITATION SOUTERRAINE

Généralités. Travaux de premier aménagement. 15^e Leçon.

Nombre et emplacement des puits. Champ d'exploitation d'un puits.

Division en étages.

Ordre à suivre dans l'exploitation d'un étage.

Exploitation en vallée ; cas où elle peut s'employer.
Principes généraux auxquels doivent se conformer
les bonnes méthodes d'exploitation.

Classification des méthodes d'exploitation.

A. GITES FILONIENS

16^e Leçon. **Caractères des gîtes filoniens au point de vue de**
l'exploitation. Facilité du remblayage.

Classification des gîtes suivant la puissance.

1^o Filons minces.

Travaux préparatoires.
Méthode des gradins droits.
Méthode des gradins renversés.
Méthode en long.
Prix de revient.

2^o Filons puissants.

Méthode horizontale en travers.
Méthode d'Almaden.
Exploitation des amas.

B. COUCHES DE HOUILLE

17^e Leçon. **Caractères des couches sédimentaires au point de**
vue de l'exploitation.

Classification des couches suivant la puissance.

1^o Couches minces.

Travaux préparatoires. Facilité du remblayage dans
les couches minces.

Méthode des grandes tailles montantes.
Méthode des grandes tailles diagonales.
Méthode des grandes tailles chassantes.
Exploitation des dressants. Mainténage. Maillage.

Application des méthodes de remblayage précédentes aux couches moyennes.

2° Couches moyennes.

Principe du foudroyage. Traçage et dépilage. Critique du foudroyage. Utilité d'employer les méthodes de remblayage précédentes. 18^e Leçon.

Classification des méthodes de foudroyage.

Méthode par massifs longs. Traçage. Dépilage.

Méthode des « long walls », principe de ces méthodes.

Méthode du long wall working outwards (Nottingham system).

Méthode du long wall working home (Manchester system).

Défauts des méthodes de long wall au point de vue de l'aérage.

Méthode des massifs courts (panel work, pillar and stall).

Méthode des massifs abandonnés. Exploitations sous-marines anglaises.

3° Couches puissantes.

Caractère des couches puissantes au point de vue de l'exploitation. Inconvénients du foudroyage appliqué à ces couches. 19^e Leçon.

Application des méthodes de traçage et dépilage précédentes.

Méthode inclinée avec foudroyage, dite de Blanzky.

Méthode par massifs abandonnés. Exemples.

Du remblayage.

Expériences de M. Fayol sur le foisonnement et le tassement du remblai.

Etudes de M. Fayol sur les affaissements de terrains. Dôme d'affaissement.

Calcul des investissements.

Remblais provenant du fond.

Remblais provenant du jour. Roulage circulaire. Plan bisautomoteur de la Grand'Combe. Puits à remblai.

Nature du remblai.

Pose du remblai. Remblayage de jour et remblayage de nuit.

Exploitation sous les remblais.

20^e Leçon. Classification des méthodes de remblayage.

Méthode inclinée. Exemples divers.

Méthode horizontale. Abatage en travers et abatage en long. Exemples.

Méthode verticale.

Méthode par rabatage.

Comparaison de ces méthodes. Choix à faire entre elles.

C. EXPLOITATION DES GITES DE PEU DE VALEUR (Carrières souterraines et mines de sel).

21^e Leçon. Classification des méthodes. Principes de ces méthodes.

Exploitation par galeries et piliers abandonnés. Calcul du rendement.

Formules de résistance pour calculer les dimensions des piliers et des galeries.

Exemples divers d'exploitation par piliers abandonnés.

Méthode des chambres. Ardoisières souterraines d'Angers.

Exploitation des mines de sel gemme par dissolution.

EXPLOITATION A CIEL OUVERT

Cas où l'exploitation à ciel ouvert peut s'employer.

Conduite d'une exploitation à ciel ouvert.

Exemples divers.

Exploitation de la tourbe.

TRANSPORTS A LA SURFACE

Brouette.

22^e Leçon.

Tombereau.

Wagons et voie ferrée.

TRANSPORTS AÉRIENS

Classification des systèmes de transport aérien.

Système Hodgson.

Système Balan.

Système Lingerwood-Miller.

Système Otto-Bleichert.

Transports électriques Jenkin, Lambe.

Monorail aérien.

TRANSPORTS SOUTERRAINS

Portage à dos.

23^e Leçon.

Trainage en bennes à patin.

Trainage en paniers.

Brouettage.

Chemins de bois. Chiens de mines.

Navigation souterraine. Exemples.

CHEMINS DE FER DE MINES

Caractères que doivent présenter ces chemins de fer.

Rails.

Traverses.

Changements de voie. Bifurcations.

Résistance des trains à la traction en palier, résistance de frottement.

Résistance de roulement. Données numériques.

Résistance due aux pentes.

Résistance due à la courbure de la voie.

MATÉRIEL ROULANT

- 24^e Leçon. **Graissage et roues.**
 Véhicules.
 Nombre de bennes nécessaires pour une exploitation
donnée.

ROULAGE PAR TRACTION MÉCANIQUE

- Locomotives souterraines. Leurs inconvénients.**
Diverses méthodes de traction par chaîne; principes
de ces méthodes.
Système de la corde-tête et corde-queue (Tail rope
system).
Système de la corde sans fin.
Système de la chaîne traînante.
Système de la chaîne flottante.

PLANS INCLINÉS

- 25^e Leçon. **Plans moteurs ou automoteurs; à simple ou à double**
offet.
Disposition des voies; réduction du nombre des rails.
Disposition des câbles.
Poulies ordinaires.
Poulies à adhérence Fowler, Champigny.
Freins.
Dispositifs de sûreté.
Régulateurs de vitesse.
Recettes.
Signaux.
Longueur maxima; dispositions en bayonnette, ou en
chicanes.
Bures intérieurs avec balances.

Galeries en pente d'équilibre.

Galeries en pente d'égale résistance.

FORCES MOTRICES EMPLOYÉES A L'INTÉRIEUR DES MINES

Cas d'emploi d'une force motrice à l'intérieur.

Moteurs animés.

Eau comprimée.

Machines à vapeur.

Emploi de l'air comprimé. Compression, détente, réchauffage ; consommation ; perte de charge dans les conduites.

EXTRACTION

CABLES

Diverses espèces de câbles.

26^e Leçon.

Câbles ronds. Fabrication.

Câbles ronds. Résistance à l'incurvation.

Câbles ronds. Poids du mètre courant.

Câbles ronds. Diamètre de l'âme.

Câbles plats. Fabrication.

Câbles plats. Nombre des aussières.

Câbles plats. Poids du mètre courant.

Calcul d'un câble à section constante.

Câbles à profil d'égale résistance. Calcul du profil.

Câbles à fatigue variable suivant la section. Profil de M. Vertongen. 27^e Leçon.

Fabrication des câbles diminués.

Propriétés des câbles végétaux. Conditions de conservation.

Propriétés des câbles métalliques. Conditions de conservation.

Prix des câbles.

Comparaison entre l'aloès et l'acier.

Entretien et visites des câbles. Coupages à la patte.
 Registre des câbles.
 Durée des câbles. — Tonnage extrait.

ENGINS D'EXTRACTION

28^e Leçon. Cuffats.
 Extraction par chevaux.
 Cages.
 Guidage.
 Parachutes. Leur principe. Principaux systèmes.
 Attelage du câble à la cage.
 Molettes.
 Evite-molettes.
 Chevalements. Types principaux.

RECETTES

29^e Leçon. Principe et nécessité des taquets.
 Taquets à la recette du jour.
 Taquets aux recettes intermédiaires.
 Taquets à la recette du fond.
 Barrières des recettes.
 Disposition des recettes du jour.
 Disposition des recettes du fond.
 Déchargement du charbon au jour. Culbuteurs.
 Chargement en bateaux. Rivages.

RÉGULARISATION DE L'EXTRACTION

30^e Leçon. Nécessité de la régularisation de l'extraction vu le poids du câble.
 Classification des diverses solutions.

A. Bobines.

Description des bobines.
 Théorie de la régularisation par les bobines.
 Discussion. Détermination des dimensions des bobines.

Cas où la régularisation par bobines et câbles plats n'est pas possible.

Fourrure; moyen d'en entretenir l'épaisseur constante.

B. Tambours.

Description des tambours. Divers types.

31^e Leçon.

Théorie des tambours coniques.

Théorie des tambours cylindro-coniques.

Théorie des tambours spiraloïdes. Détermination du profil.

Distance minima des tambours aux molettes.

C. Contrepoids et chaînes contrepoids.

Contrepoids et treuil conique différentiel de Sarrebruck.

Chariot contrepoids.

Chaîne pendante.

Chaîne amarrée.

Défaut des solutions par chaîne. — Chocs.

Câbles d'équilibres. — Divers systèmes. — Dispositions adoptées en Westphalie.

MACHINE D'EXTRACTION

Généralités. Caractères que doivent présenter les machines d'extraction. 32^e Leçon.

Types anciens.

Types modernes.

Détente.

Emploi de la détente dans les machines d'extraction.

Conditions auxquelles cet emploi est subordonné.

Détente à la main.

Détente au régulateur à boules.

Détente réglée automatiquement par des organes de forme spéciale.

Emploi du système compound, et de la condensation.
Rareté de leur application.

Freins.

Dispositifs de sûreté et signaux.

Calcul des dimensions d'une machine d'extraction.

Données numériques.

AUTRES MOTEURS D'EXTRACTION

- 33^e Leçon. Moteurs animés. Treuils. Manèges.
Moteurs hydrauliques. Machines à colonne d'eau.
Treuils à air comprimé.
Treuils à vapeur, norias, monte-charges, etc.
Machines à chevalets oscillants : Systèmes Méhu,
Schultz, etc.
Extraction atmosphérique. Système Blanchet.

CIRCULATION DU PERSONNEL.

- Fendues. Escaliers.
Echelles dans les puits.
Fahrkunst et warocquère.
Circulation par les cages. Précautions à prendre.
Prescriptions réglementaires.
Translation des chevaux.

EPUISEMENT

- 34^e Leçon. Généralités sur les eaux superficielles ou souterraines menaçant les mines.
Moyens préventifs pour combattre la venue des eaux.
Serrements.
Plates-cuves.
Galeries d'écoulement. Exemples.
Epuisement par les cages.

EPUISEMENT PAR POMPES

Diverses espèces de pompes.

Disposition des pompes dans le puits.

Vitesse de marche.

Rendement dynamique et rendement géométrique.

Cabestan pour pose et réparation des pompes.

Description des appareils (V. Cours de machines).

Pompes d'avaleresse ; dispositifs spéciaux.

Maîtresse tige.

Joints de dilatation.

Réservoirs d'air.

MOTEUR AU JOUR

A. *Machine de Cornouailles.*

Principe et marche de la machine de Cornouailles. 35^e Leçon.

Inconvénients et critique de cette machine.

Modifications du type normal.

Nécessité d'un contrepoids.

Calcul de la machine.

Principe des régénérateurs de force.

Régénérateur Bochkoltz.

Régénérateur Rossigneux. Divers autres systèmes proposés.

B. *Moteur à double effet.*

Avantages de ces moteurs sur la machine de Cornouailles. 36^e Leçon.

Calcul des contrepoids à employer dans les différents cas.

Moteur Kley, à volant et à cataracte.

MOTEURS SOUTERRAINS

Avantages de ces moteurs, suppression de la maîtresse-tige. Leurs inconvénients.

Moteurs sans volant, à mouvement intermittent.
Pompes Tangye, Worthington, Davey, etc.

Moteurs à volant et mouvement continu.

Moteurs et pompes diverses : pompes rotatives, pompes centrifuges, pulsomètres, éjecteurs, pompes à air comprimé, pompes mues par machines à colonne d'eau, types Roux, Kaselowsky, etc.... (V. Cours de machines).

AÉRAGE

37^e Leçon. Diverses causes rendant l'aérage des mines nécessaire.

Température dans les mines et les tunnels.

Viciation de l'atmosphère par la respiration et la combustion.

Viciation de l'atmosphère par les combustions lentes et les dégagements gazeux divers.

GRISOU

Composition. — Propriétés chimiques.

Propriétés physiques.

Combustion du grisou.

Vitesse de propagation de la flamme. Expériences de MM. Mallard et Le Châtelier.

Effets calorifiques et mécaniques des coups de grisou.

Causes pouvant amener l'inflammation du grisou.

Dégagement lent et continu du grisou. Expériences diverses pour en mesurer la pression et le débit.

Soufflards.

Poches de grisou.

Dégagements instantanés.

Grisou dans les vieux travaux. — Influence des variations barométriques.

Grisou dans les mines autres que les houillères.

Détermination de la quantité d'air nécessaire pour une mine donnée. 38^e Leçon.

Dépression motrice. — Calcul de cette dépression.
— Moyens de la réduire au minimum pour un débit donné.

Orifice équivalent. Formules de M. Murgue.

VENTILATION SANS VENTILATEURS

Ventilation naturelle. Calcul de la dépression naturelle.

Ventilation par foyers.

Comparaison des foyers et des ventilateurs. — Cas où on peut employer les foyers.

VENTILATEURS

Comparaison entre les ventilateurs aspirants et soufflants. 39^e Leçon.

Fermeture des puits munis de ventilateurs. Clapets.

Ventilateurs auxiliaires mobiles employés à l'intérieur.

Classification des ventilateurs. — Principaux types.
(V. Cours de machines.)

Orifice de passage. — Moyen de le mesurer.

Orifice de perte des ventilateurs volumogènes.
— Débit de ces ventilateurs. — Moyen de mesurer l'orifice de perte.

Rendement manométrique.

Courbes caractéristiques d'un ventilateur.

Rendement mécanique propre d'un ventilateur.

Rendement mécanique total. Données numériques.

Choix d'un ventilateur pour une mine donnée.

Appareils enregistreurs de la dépression, du débit, de la vitesse d'un ventilateur.

RÈGLES GÉNÉRALES SUR L'AÉRAGE DES HOUILLÈRES

40^e Leçon. Règles de sécurité concernant l'arrêt et la mise en marche des ventilateurs. — Cas des jours de chômage.
Division de la mine en quartiers indépendants au point de vue de l'aérage.

Principe de l'aérage diagonal.

Principe de l'aérage montant. Aérage dans les tailles.

Influence de la qualité des remblais. Nécessité des remblais complets dans les mines grisouteuses.

Précautions à prendre quand le grisou marque à la lampe en un point de la mine.

Portes et toiles d'aérage. — Portes conjuguées. Anciennes portes Verpilleux.

Crossings.

MESURES DE CONTROLE

Principales opérations de mesure à effectuer pour contrôler l'aérage.

Détermination du débit d'air dans une galerie.

Influence de la nature de la paroi et du soutènement.
Courbes d'égale vitesse.

Anémomètres. Tube de Pitot.

Mesure de l'orifice équivalent et de la dépression naturelle.

Dosage du grisou dans les retours d'air. — Burettes grisoumétriques de MM. Le Châtelier, Lebreton, Rateau.

Grisoumètre Coquillon. Prises d'air dans la mine.
Appareil de M. Petit.

ECLAIRAGE

41^e Leçon. Lampes à feu nu. Types divers. Ancienne coutume du pénitent. Lampes électriques fixes, et portatives.

LAMPES DE SÛRETÉ

Principe des lampes de sûreté à toile métallique.
Nombre minimum de mailles au centimètre carré.

Influence des courants d'air ; extinction de la lampe dans une atmosphère grisouteuse inflammable. Conditions que doit remplir une bonne lampe de sûreté.

Lampe Humphrey Davy. Ses défauts.

Lampe Clanny. Lampe Boty. Perfectionnements proposés pour l'enveloppe de verre.

Lampes à alimentation d'air par le bas. Lampes Fumat.

Lampe Mueseler.

Expériences de M. Marsaut. Lampe Marsaut.

Divers modes de fermeture des lampes.

Systèmes de rallumage adaptés aux lampes.

Postes de rallumage. Leur emplacement.

Lampes grisométriques. Phénomène de l'auréole.
Expériences de MM. Mallard et Le Châtelier. Lampe Pieler. Lampe Chesneau ; réglage de la lampe ; son emploi.

ACCIDENTS DANS LES HOUILLÈRES

Accidents de grisou. — Statistique des causes de ces accidents.

Résumé des moyens de prévenir ces accidents ; emploi des explosifs de sûreté ; précautions à prendre avant le tirage des coups de mines.

Descente et recherches dans la mine après un coup de grisou.

Incendies. — Moyens de les combattre ; moyens de cerner l'incendie et de le limiter.

Appareils permettant de pénétrer dans les milieux irrespirables. Appareils Fayol, Rouquayrol-Denayrouze.

Inflammation des poussières. Leurs effets. Précautions à employer dans les mines poussiéreuses.

PRÉPARATION MÉCANIQUE DES MINÉRAIS ET DES HOUILLES

PRÉPARATION DES MINÉRAIS EN GÉNÉRAL

42^e Leçon. But de la préparation mécanique. Ensemble des opérations.

Débourbage. — Grilles de débourbage. Trommels débourbeurs.

Concassage des blocs. — Concasseur américain.

Triage. — Tables et toiles de triage. Personnel employé.

Scheidage.

Broyage. — Cylindres broyeurs.

Broyage. — Bocards.

Broyage. — Meûles. Moulins Eberlé.

Broyage. — Désintégrateurs Karr, Vapart.

CLASSEMENT PAR GROSSEUR DES GRENAILLES ET SABLES GROS

Cribles et grilles ; appareils de grillage successifs ou superposés. Comparaison des deux systèmes.

Cribles fixes. Grilles fixes.

Cribles à secousses ; type de Commentry.

Cribles Karlick.

Cribles Coxe.

Grilles Briart.

Trommels. Trommels à tôles multiples. Trommels superposés.

LAVAGE DES SABLES FINS

A. Lavage à la cuve.

Théorie du lavage à la cuve. Equivalence. Conditions 43^e Leçon.
que doivent remplir les appareils de classement par
grosseur servant à séparer les catégories à laver.
Appareils continus et appareils discontinus. Principe
des chutes fractionnées.

Jig anglais.

Bacs à piston. Type à marche discontinue.

Modes de commande des pistons.

Bacs à marche continue. Type de Moresnet.

Bacs superposés ; nombre de bacs à employer sui-
vant la complexité du minéral.

Bacs filtrants du Harz.

Heberwasche de Mecherlich.

Classeur Dor.

B. Appareils à courant horizontal. — Caisses pointues.

Théorie des caisses pointues (spitzkasten).

Caisses pointues ordinaires.

Variante de Steinbrück.

Caisses pointues à courant d'eau ascendant.

C. Lavage sur les tables.

Théorie des tables de lavage ; action du frottement. 44^e Leçon.

Caisson allemand.

Round buddle. Appareil convexe. Appareil concave.

Tables à secousses.

LAVAGE DES SCHLAMMS

Tables tournantes ordinaires.

Table fixe de Linkenbach.

Table à secousses de Rittinger.

Comparaison des tables de Linkenbach et de Rittinger.

Épuration des eaux de lavage. Labyrinthes.

Cas des minerais de fer. Trieurs magnétiques.

Cas des minerais d'or. Combinaison du lavage avec l'amalgamation.

Organisation générale d'un atelier. Circulation du minerai et des eaux. Exemples de prix de revient.

TRAITEMENT DE LA HOUILLE

45^e Leçon. Adaptation des appareils de criblage et triage au cas particulier de la houille. Types employés. Production. Personnel employé.

Organisation d'un atelier de criblage et triage. Reconstitution de catégories.

Lavage du charbon. Conditions à remplir.

Lavoirs continus. Bac Graffin de la Grand-Combe.

Bac Lemièr.

Bacs à clapets de retenue.

Bacs modernes. Lavoirs Lührig-Coppée, Schüchtermann et Kremer.

Lavoir à grande production. Lavoir Marsaut.

Lavoir à vapeur Maximilien Evrard.

Bacs à feldspath pour traitement des fines.

Organisation d'un atelier de lavage. Emmagasinement et égouttage des produits. Voies de chargement.

Exemples de prix de revient.

MÉTALLURGIE

(35 LEÇONS)

M. L. BABU, ingénieur des mines, Professeur.

1^{re} PARTIE

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA MÉTALLURGIE

Généralités. — Définition de la métallurgie.

1^{re} Leçon.

Rapprochement de la métallurgie et de la chimie industrielle; différence entre la métallurgie et la chimie de laboratoire.

Prix de revient en métallurgie; son importance. Nécessité de la comptabilité industrielle. Décomposition du prix de revient. Nécessité des amortissements.

Divisions de la métallurgie générale.

Procédés métallurgiques.

Notions sommaires sur les procédés les plus en usage.

I. PROCÉDÉS DE LA VOIE IGNÉE

1^o Procédés calorifiques; 2^o procédés oxydants; 3^o procédés réductifs.

II. PROCÉDÉS DE LA VOIE HUMIDE

1^o Dissolution; 2^o précipitation.

Agents métallurgiques.

I. — TRAVAIL ET CAPITAL

Capital : définition, légitimité de sa rémunération.

Travail; travail intellectuel; travail manuel : importance et organisation dans les usines métallurgiques

Salaires : à la journée, à la tâche, à l'entreprise.
Salaires progressifs.

Durée du travail. Travail à 2 postes, à 3 postes.

II. — MATIÈRES PREMIÈRES

A. Minerais.

Composition. Utilité de la séparation des divers minerais. Estacades et parcs à minerais.

Echantillonnage. — Son importance. Détermination de l'humidité. Prélèvement de la prise d'essai. Prélèvement continu ou par dérivation (cône à fenêtres, appareil de Bridgman). Prélèvement à intervalles réguliers (tranches équidistantes, échantillonneur Brunton).

Réduction de la prise d'essai.

B. Agents chimiques et réactifs divers.

2^e Leçon.

Agents oxydants. — Air, eau, oxydes et sels divers. Principes de l'affinage.

Agents réducteurs. — Carbone, oxyde de carbone, hydrogène, réducteurs divers (manganèse, silicium, aluminium). Action des corps en présence sur la réduction. Principe du raffinage des métaux.

Mode d'action des principaux agents de réduction. Etude comparée de la réduction par le carbone et par l'oxyde de carbone.

Agents pour les changements d'état physique.

1^o *Fusion.* — Fondants : leur rôle, laitiers et scories. Fusibilité des divers silicates. Silicates multiples.

Etude spéciale des silicates de chaux et de magnésie ; courbes d'Ackerman, maximum de fusibilité. Silico-aluminates.

2° *Gazéification*. — Notions sommaires sur la gazéification. Gazéification de certains métaux par l'oxyde de carbone.

3° *Dissolution*. — Solutions salines, acides, basiques.

Agents chimiques divers. — Agents sulfurants : pyrite de fer, gypse. Agents chlorurants : sel marin, chlorure ferrique. Agents désulfurants : manganèse, chaux. Agents déphosphorants : chaux, oxyde de fer.

III. — ENERGIE SOUS DIVERSES FORMES

A. *Energie mécanique*.

Utilisation dans les appareils de manutention et de transport, dans les appareils métallurgiques proprement dits, dans le travail mécanique des métaux.

Production de l'énergie mécanique. — Chutes d'eau ; emplacement des anciennes usines. Machines à vapeur ; utilisation de la chaleur perdue des fours. Machines thermiques diverses ; moteurs à gaz de hauts-fourneaux.

Transmission de l'énergie mécanique. — Transmissions mécaniques. Transmissions hydrauliques ; leur importance dans les usines métallurgiques, inconvénients. Transmissions électriques.

B. *Energie électrique*.

Applications. Production d'une température locale très élevée. Electrolyse des matières fondues et des sels dissous. Eclairage des usines.

Conséquences de l'application de l'énergie électrique ; utilisation des chutes d'eau aux opérations métallurgiques. Electrometallurgie.

C. **Energie calorifique**

3^e Leçon. 1^o *Rôle de la chaleur en métallurgie.* — Facteurs de l'énergie calorifique. Quantité de chaleur; mesure dans les laboratoires et dans l'industrie.

Pouvoir calorifique. — Définition. Notions de thermochimie. Mesure des pouvoirs calorifiques. Bombe calorimétrique. Bilan calorifique d'une opération métallurgique; exemples simples. Principe de la récupération.

Température. — Notions sur les équilibres chimiques. Effets de la dissociation. Dissociation de l'eau, de l'acide carbonique. Température de combustion.

Mesure des températures en métallurgie. — Principes divers des pyromètres. Exemples : pyromètre Hobson, pyromètre Wiborgh, calorimètres, pyromètres électriques, pyromètres optiques.

Températures nécessaires pour certaines réactions : réduction des oxydes de fer, décomposition des carbonates, des sulfates; points de fusion de quelques corps.

2^o *Moyens de produire la chaleur.*

Transformation de l'énergie électrique. — Loi de Joule. Four électrique. Soudure électrique.

Combustion. — Combustion complète, combustion incomplète.

Combustibles. — Eléments principaux. Combustion du carbone, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène, des carbures. Combustibles ordinaires. Combustibles spéciaux à la métallurgie. Propriétés générales des combustibles.

4^e Leçon. 3^o *Combustion complète des combustibles.*

Combustion des gaz. — Notions sommaires sur les combustibles gazeux. Combustibles métallurgiques.

Point d'inflammation, température de combustion. Vitesse de propagation de l'inflammation. Conditions pour assurer la combustion complète. Nécessité d'une chambre de combustion en briques.

Foyers à gaz. — Exemples ; fours Siemens.

Combustion des liquides. — Notions sommaires sur les combustibles liquides.

Conditions pour assurer la combustion complète. Chambre de combustion. Foyers à naphte.

Combustion des solides. — Combustibles flambants, maigres. Difficulté d'assurer la combustion complète. Influence de l'état physique. Influence de l'épaisseur de la couche de combustible. Zones de combustion.

Combustion des combustibles maigres, carbonisés ; combustion des combustibles flambants.

Foyers pour la combustion des solides. — Foyers à grilles, foyers à tuyères, foyers à pulvérisation des menus, alandiers.

4° Transmission de la chaleur aux corps à chauffer. — Conditions principales d'une bonne transmission. Principe des courants contraires ou inverses. Conductibilité. Rayonnement.

Appareils métallurgiques pour le traitement par voie ignée.

I. — FOURNEAUX

A. Types divers de fourneaux.

Fours sans chauffe ni foyer indépendant.

5^e Leçon.

1° Fours à tirage naturel. — Tas, four à cuve de grillage ou de calcination, four Hoffmann, four à vent à creusets.

2° *Fours à courant d'air forcé.* — Bas foyer, fours à cuve (fours à poitrine fermée, fours à poitrine ouverte ou à avant-creuset, fours à œil), four Raschette, fours américains, hauts-fourneaux.

Fours à chauffe distincte.

1° *Fours à reverbères* : fours à grilles, fours à gaz. Formes diverses des soles. Fours à soles mobiles : fours rotatifs, fours à sole tournante, fours oscillants.

Etude spéciale des reverbères à grilles : dimensions du foyer, de la sole, du rampant.

2° Fours à dômes et fours de galères. Exemples. Dimensions.

B. Construction des fourneaux.

Préparation des produits réfractaires. — Matières premières. Eléments acides, basiques, neutres.

Fabrication des pâtes. Broyage. Ciment ou matière amaigrissante. Mélange et pétrissage.

Transformation des pâtes en produits réfractaires. Pisés. Briques réfractaires : moulage, cuisson. Fours à briques : four belge, four Hoffmann. Creusets.

Briques de silice. Briques basiques.

Conditions économiques de la préparation des produits réfractaires.

Mode de construction des fourneaux.

1° Fours à parois en maçonnerie.

Massif intérieur. Influence du refroidissement sur la conservation des parois. Caissons refroidisseurs. Massif extérieur. Armatures. Mode d'établissement des diverses parties. Devis d'un four.

2° Fours à parois métalliques.

Principe. Avantages et inconvénients. Soles des fours à puddler. Creuset métallique au haut-fourneau. Fours

à manchon d'eau ou « Water-Jackets » : water-jackets en fonte, en tôle d'acier, en cuivre.

II. — APPAREILS ANNEXES DES FOURNEAUX

Généralités sur l'alimentation et le soufflage des fours. Orifice équivalent des fours, sa variabilité. 6^e Leçon.

Volume et poids de l'air nécessaires à l'alimentation d'un four. Alimentation à volume constant, à pression constante. Comparaison des deux systèmes.

Appareils pour l'alimentation et le soufflage des fours.

Appareils à pression constante. — Appareils soufflants et aspirants. Avantages des appareils soufflants.

Appareils aspirants. Cheminées ; calcul du tirage ; calcul des dimensions. Ejecteur à vapeur (Kœrting). Ventilateurs.

Appareils soufflants. Trompes. Ventilateurs hélicoïdes. Ventilateurs centrifuges.

Transformation des appareils à pression constante en appareils à volume constant. Modes divers de réglage par le tube de Pitot.

Appareils à volume constant. — Appareils soufflants. Souffleurs (Root, Baker) ; avantages et inconvénients.

Machines à piston. Description générale. Cylindres, pistons, soupapes et clapets. Influence de l'espace nuisible. Rendement en volume.

Compression adiabatique, compression isotherme. Travail utilisé. Calcul de la puissance d'une machine soufflante.

Dispositions générales des machines soufflantes. Disposition en tandem. Machines à 1 cylindre, à 2 cylindres. Machines compound. Machines verticales, machines horizontales. Comparaison des deux systèmes.

ÉTUDE DES COMBUSTIBLES

I. — COMBUSTIBLES NATURELS

A. Combustibles végétaux.

Bois. — Classification des bois considérés comme combustibles. Densité. Poids du mètre cube. Composition élémentaire. Composition immédiate. Pouvoir calorifique.

B. Combustibles minéraux.

Divisions principales. Composition élémentaire et immédiate.

Tourbes. — Composition. Pouvoir calorifique.

Bois fossiles. — Notions sommaires.

Lignites. — Principales espèces. Densité. Cendres. Composition immédiate. Lignites bitumineux.

Houilles. — Espèces principales : houilles sèches à longue flamme, houilles grasses à longue flamme, houilles marécales, houilles grasses à courte flamme, houilles maigres, cannel coal, boghead.

Composition élémentaire. Composition immédiate. Densité. Poids du mètre cube. Pouvoir calorifique. Centres de production des diverses espèces.

Anthracites. — Composition. Pouvoir calorifique.

Gaz naturel. — Son importance en métallurgie dans la région de Pittsburg. Composition. Pouvoir calorifique.

Pétroles et naphtes. — Leur importance en métallurgie en Pensylvanie et dans le centre de la Russie. Composition. Pouvoir calorifique.

II. — COMBUSTIBLES CARBONISÉS

Usage et importance des combustibles carbonisés en 7^e Leçon.
métallurgie.

Charbon de bois.

Propriétés principales.

Procédés de carbonisation des bois. Carbonisation en meules. Carbonisation en fours ; types divers de fours.

Installation des chantiers de carbonisation. Carbonisation à l'usine et carbonisation en forêts ; carbonisation par colonies. Exemples (Russie, Amérique).

Notions sommaires sur l'aménagement des forêts. Transport des bois aux chantiers de carbonisation. Flottage par bûches perdues, flottage par trains.

Prix de revient du charbon de bois.

Coke.

Propriétés principales : densité, poids du mètre cube, cendres.

Houilles propres à la fabrication du coke. Influence de la nature et de la quantité des produits volatils. Influence de la rapidité du chauffage, de la densité de la charge. Procédés de carbonisation des houilles. Historique de la fabrication du coke. Carbonisation en tas.

Carbonisation en fours. — Différentes espèces de fours.

1^o *Fours ordinaires à vase clos.* — Fours horizontaux ou fours belges (fours Smet, Coppée, Buttgenback, etc.) ; fours verticaux (fours Appolt, Bauer, etc.).

2^o *Fours à récupération des sous-produits* (fours Carvès, Siebel, etc.). Importance des sous-produits.

3° *Adaptation des fours aux houilles à carboniser.* — Importance du mélange des charbons. Dimension des fours suivant les matières volatiles. Carbonisation des mélanges maigres. Importance de la compression ; divers moyens de la réaliser.

4° *Détails de la construction des fours.* — Portes, ouvertures de chargement, carneaux, cheminée.

Utilisation de la chaleur perdue. Chaudières. Quantité d'eau vaporisée.

5° *Appareils accessoires des fours à coke.* — Vagons de chargement. Défourneuse à bouclier, types divers.

Atelier de mélange et de broyage des charbons. Dosage par norias. par distributeur à plateau. Vis malaxeuse.

6° *Dispositions d'ensemble d'un atelier de carbonisation.* — Conditions économiques de la carbonisation. Frais de premier établissement. Prix de revient du coke.

III. — COMBUSTIBLES GAZEUX ARTIFICIELS

A. Combustibles gazeux sous-produits d'opérations métallurgiques.

8° Leçon. Gaz de fours à coke ; gaz de hauts-fourneaux. Composition. Pouvoir calorifique.

B. Combustibles gazeux préparés spécialement.

Distillation des houilles. — Gaz d'éclairage. Composition.

Gazéification. — Principe.

1° *Gazéification des combustibles fixes.*

Gazéification par l'air. Théorie. Composition du gaz. Pouvoir calorifique. Quantité d'air nécessaire.

Gazéification par l'eau. Théorie. Absorption de chaleur et compensation par la gazéification par l'air. Gaz à l'eau ; composition, pouvoir calorifique. Modifications apportées par l'eau introduite dans les gazogènes à l'air.

Gazéification par l'acide carbonique, absorption de chaleur. Gaz produit. Composition, pouvoir calorifique. Gazéification par des produits brûlés.

2° Gazéification des combustibles à éléments volatils.

Gazéification du bois. Importance de la condensation de la vapeur d'eau. Foyers à flamme renversée.

Gazéification de la houille. Gaz produit : Composition, pouvoir calorifique. Inconvénients du refroidissement des gaz.

3° Appareils de gazéification.

Gazogènes à tirage naturel. Gazogène Siemens. Rôle du siphon. Chauffe Boétius. Four Bicheroux.

Gazogènes à tirage forcé, types divers. Gazogène pour le gaz à l'eau. Gazogènes à produits brûlés. Gazogène soufflé à joint hydraulique. Four Biederman et Harvey.

Appareils accessoires des gazogènes. Condensation de la vapeur d'eau. Gazogène Lündin.

CHALEUR PERDUE DES FOURS MÉTALLURGIQUES

Chaleur sensible et chaleur potentielle des gaz des fours métallurgiques. Leur utilisation : fours annexes, chaudières, chauffage de l'air comburant. 9^e Leçon.

Principe de la récupération. — Accroissement de la température de combustion. Appareils de récupération.

Récupération par conductibilité. Canaux en terre

réfractaire : fours Ponsard, de la Chomette, etc. Appareils tubulaires en fonte : types divers d'appareils, appareil Calder, surface de chauffe, vitesse du courant, résistance.

Récupération par chambre à briques avec renversement. Four Siemens. Calcul du poids des briques. Surface de chauffe. Dimensions des chambres. Appareils de renversement. Dispositions générales des fours Siemens.

Appareils pour le vent à haute pression. Types divers, appareil. Cowper, appareil Whitwell.

2^e PARTIE

MÉTALLURGIE DU FER

MINÉRAIS DE FER

10^e Leçon. Minerais oxydulés. Propriétés principales. Gîtes principaux (lacs supérieurs, Dannemora, Mokta el Hadid). Franklinite. Fers chromés. Fers titanés.

Minerais oxydés anhydres. Fer oligiste, propriétés, gîtes principaux (île d'Elbe). Hématites rouges : propriétés, gîtes principaux (Cumberland, Bilbao, La Voulte).

Minerais oxydés hydratés. Goëthite (Westphalie). Hématites brunes, propriétés, gîtes principaux (Westphalie, Bilbao, Cornwall, etc.). Limonites, minerais oolithiques de Lorraine, minerais pisolithiques du Berry, minerais hydratés du Nassau. Minerai des lacs (Finlande).

Minerais carbonatés. Minerais spathiques (Eisenerz, Rancié, Allevard). Fer carbonaté lithoïde, blackband d'Ecosse, minerai de la Ruhr.

Minerais de manganèse.

GRILLAGE DES MINÉRAIS DE FER

But du grillage. Son importance dans la métallurgie au bois pour l'élimination du soufre. Grillage des minerais carbonatés, bilan thermique.

Grillage en tas. — Dimension des tas ; exemples : blackband d'Ecosse, magnétites de Blagodat. Grillage en stalles : magnétites de Nijni Taguil, hématites d'Ilsenburg.

Fours pour tout venant gros. — Fours à combustibles solides, four tronconique de Siegen, four Gjers du Cleveland, four de la Société Orconera à Bilbao, stalle de Wagner en Styrie, four de Dowlais. Fours à gaz : four de Dannemora, four Westmann, four du Creusot à Allevard, four Hoffmann.

Fours à gaz pour menus. — Four Fillafer, four Hasenclever, four Stetefeldt, four Moser de Styrie.

Conditions économiques du grillage des minerais de fer.

ALLIAGES DE FER

Définition et propriétés générales des fers, des fontes et des aciers. 11^e Leçon.

Alliages du fer et du carbone, ferrite, cémentite. Etats divers du carbone, graphite, carbone dissous, carbone combiné. Influences qui agissent sur l'état du carbone. Influence de la proportion de carbone sur les propriétés du fer, de la fonte, de l'acier.

Propriétés générales des alliages du fer avec le silicium, le phosphore, le soufre, le manganèse, le chrome, le tungstène, le nickel, le cuivre, l'arsenic et l'antimoine, l'aluminium, l'oxygène, etc.

Classification des fontes, fontes spéciales. Aciers spéciaux.

FABRICATION DE LA FONTE

12^e Leçon. Historique. Principe de la fabrication.

Étude théorique de la fabrication.

I. — RÉACTIONS DU HAUT-FOURNEAU

Réduction des oxydes de fer. — Réduction directe, réduction indirecte. Carbone ferrugineux; fer carbonyle. Thermochimie.

Réduction des éléments étrangers. — Manganèse, silicium, phosphore, soufre, nickel, chrome, etc. Thermochimie.

Fusion des gangues. — Éléments des gangues. Formation et propriétés des laitiers. Composition. Laitiers acides et laitiers basiques.

II. — RELATIONS ENTRE LES FONTES ET LES LAITIERS

13^e Leçon. Différences entre les laitiers au bois et les laitiers au coke. Importance de la basité des laitiers de fonte au coke. Laitiers de fonte blanche et laitiers de fonte grise, leur composition. Laitiers de fontes spéciales, influence de l'alumine, de la magnésie, de la baryte; spiegels, ferromanganèses, et ferrosiliciums.

Composition des laitiers déduite des courbes de fusibilité des silicoaluminates.

III. — MARCHE IDÉALE D'UN HAUT-FOURNEAU

Transformation des matières solides. — Zone de préparation. Zone de réduction, utilité de la castine. Zone de fusion.

Transformation du courant gazeux. — Influence de la réduction directe. Indice de marche.

IV. — ALLURE D'UN HAUT-FOURNEAU

Éléments influençant l'allure. — Nature des fontes. 11^e Leçon.
Composition des laitiers. Combustible. Température du vent; historique de l'application du vent chaud, action du vent chaud, économie qui en résulte. Volume et pression du vent, influence sur l'allure. Comparaison de l'allure continentale et de l'allure américaine; avantages de l'allure américaine.

Contrôle de l'allure d'un haut-fourneau. — Moyens de contrôle d'une allure régulière. Variations de l'indice de marche. Variations des températures en un point; moyens d'observations. Variations de la composition des gaz en différents points de la cuve; prise d'essais; conclusions à tirer des variations de composition.

Dérangements d'allure. — Allure chaude. Allure froide. Accrochages et lousps.

V. — BILAN THERMIQUE D'UN HAUT-FOURNEAU

Exemples : Haut-fourneau de Meurthe-et-Moselle, haut-fourneau anglais, haut-fourneau américain.

**Etude des appareils
en usage pour la fabrication de la fonte.**

I. — HAUT-FOURNEAU

A. Détermination du profil intérieur.

Explication du profil habituel. Conditions à réaliser. 15^e et 16^e
Volume du haut-fourneau. Séjour des charges. Leçons.

Hauteur des fourneaux. Profondeur du creuset. Diamètre de l'ouvrage. Pente des étalages. Diamètre du ventre. Diamètre du gueulard. Avantages des étalages raides et des cuves cylindriques.

B. Détail de construction.

Historique des transformations successives. Principes à suivre dans la construction ; indépendance et facilité d'accès des diverses parties ; choix des briques ; refroidissement des maçonneries pour assurer leur conservation.

1° *Fondations.* — Montage des diverses parties.

2° *Creuset.* — Matériaux divers utilisés : briques argileuses, briques de carbone, briques de magnésie ; creusets métalliques, creuset Boivin. Sole. Refroidisseurs. Armatures. Trou de coulée de la fonte. Trou de coulée des laitiers. Tuyère Lürmann.

3° *Ouvrage.* — Tuyères ; types divers. Embrasures des tuyères.

Étalages. — Nature des briques. Supports des étalages. Refroidisseurs. Raccordement avec la cuve.

4° *Cuve.* — Nature des briques. Supports de la cuve ; marâtre. Frettes. Inconvénients des blindages métalliques. Armatures et blindage intérieurs de la partie supérieure.

5° *Plateforme du gueulard.* — Avantages des supports spéciaux. Joint avec la cuve.

6° *Appareils de chargement.* — Principes du chargement. Examen du classement des matières ; chargement par une trémie conique, par une trémie annulaire. Importance du volume des charges.

Étude et comparaison des divers appareils : cup and cône, appareil Langen, appareils divers.

II. — APPAREILS POUR LE SOUFFLAGE DES HAUTS-FOURNEAUX

A. Machines soufflantes.

Quantité de vent nécessaire à un haut-fourneau. 17^e Leçon.
 Calcul des dimensions principales des machines soufflantes. Nombre de tours. Types divers de machines ; types de Seraing, types du Creusot, types de Bayenthal, types américains, type du Lancashire, etc...

B. Appareils de chauffage du vent.

Historique du chauffage du vent. Economies réalisées.

1^o *Appareils en fonte*. — Types principaux : appareil de Wasserhalingen, appareil Calder, appareil de Bessèges. Surface de chauffe nécessaire.

2^o *Appareils en briques*. — Calcul du poids des briques ; surface de chauffe.

Vannes d'admission et d'échappement. Refroidissement par l'eau, par l'air. Types divers de vannes : vanne Whitwel, vanne Cowper, valve Burers, etc.

Chambres de combustion. Types divers.

Chambres à briques. Disposition Whitwel, disposition Cooper. Etude des empilages Cowper, briques, grilles. Dimensions des appareils ; nombre. Variantes diverses du système Cowper.

Cheminée de tirage. Dimensions.

3^o *Conduites de vent*. — Dispositions générales. Conduites de vent chaud. Détermination du diamètre. Fer à cheval. Porte-vents ; types divers.

III. — APPAREILS ACCESSOIRES DES HAUTS-FOURNEAUX

Monte-charges. Types principaux.

Pompes. Quantité d'eau à élever.

IV. — APPAREILS POUR L'UTILISATION DES GAZ DES HAUTS-FOURNEAUX

18^e Leçon. 1^o *Appareils de prise de gaz.* — Prises à gueulard ouvert, avantages et inconvénients. Prises à gueulard fermé ; prises centrales et prises latérales ; exemples divers.

2^o *Conduites de gaz.* — Mode d'établissement. Calcul du diamètre. Clapets de sûreté et clapets de nettoyage.

3^o *Appareils d'épuration.* — Quantité et nature des poussières contenues dans les gaz. Epurateurs secs ; types divers : appareils à chicane, appareil américain de South Chicago, appareils filtrants. Epurateurs hydrauliques.

4^o *Appareils pour l'utilisation des gaz.* — Chaleur potentielle des gaz. Application au chauffage du vent : Quantité de gaz nécessaire. Application à la production de force motrice ; chaudières à gaz ; moteurs à gaz.

EXPLOITATION DES HAUTS-FOURNEAUX

19^e Leçon. 1^o *Allumage.* — Charges successives. Exemples d'allumage.

2^o *Marche normale.* — Chargement des matières au gueulard ; poids des charges. Coulée de la fonte ; bouchage et débouchage du trou de coulée ; coulée en sable, coulée en coquille, coulée en lingotières mobiles. Coulée du laitier ; coulée en pains, granulation.

Utilisation des laitiers ; fabrication des pavés ; briques de laitier, laine de scorie ; ciments de laitier.

Soufflage du vent. Manœuvre des vannes. Réglage de la machine soufflante et des appareils à air chaud.

3° *Mise hors feu.* — Arrêt temporaire. Arrêt définitif.

4° *Dérangements de la marche.* — Loups ferreux dans le creuset ; accrochages ; corrosions et percées.

CONDITIONS ÉCONOMIQUES DE LA FABRICATION DE LA FONTE

1° Disposition générale d'une usine à fonte ; parcs à minerais, usine proprement dite, crassier ; espace nécessaire.

2° Emplacement des usines par rapport aux centres de production des minerais et du coke. Exemples : Meurthe-et-Moselle, Belgique, Westphalie et Prusse rhénane, Cleveland, Cumberland et Lancashire, Glasgow, bassin du Donetz, Alabama, Pensylvanie.

3° Frais de premier établissement d'une usine à fonte au bois et au coke.

4° Frais de fabrication de la fonte. Main-d'œuvre, combustibles, frais généraux, intérêts et amortissements. Importance du chapitre « Remonte des hauts-fourneaux ».

5° Etablissement du prix de revient. Exemples.

FABRICATION DES FERS ET DES ACIERS

I. — ÉTUDE DES RÉACTIONS DE L'AFFINAGE

But de l'affinage. Principes généraux ; affinage par les réactifs gazeux, affinage par les scories. 20^e Leçon.

Conditions à réaliser pour l'élimination des éléments alliés au fer. Influences de l'atmosphère du four, de la température, de la composition des scories sur l'élimi-

nation du carbone, du manganèse, du soufre, du phosphore. Etude spéciale de la déphosphoration.

II. — FABRICATION DES MÉTAUX SOUDÉS PAR RÉDUCTION DIRECTE

21^e Leçon

Historique des procédés de réduction directe. Inconvénients. Principaux procédés : procédés produisant une éponge de fer, procédés produisant des loupes ; comparaison.

Procédés au bas-foyer : forges catalanes, bloomerie américaines.

Procédés au four à cuve : haute - bloomerie d'Husgafvel.

Nouveaux procédés directs. Procédés Eames.

III. — FABRICATION DES MÉTAUX SOUDÉS PAR AFFINAGE DE LA FONTE

1^o *Procédé continental ou affinage au bas-foyer.* — Principe. Nature du combustible. Nature des produits.

Procédé franc-comtois : foyer, opération comtoise ; variantes.

2^o *Procédés mixtes avec mazéage des fontes siliceuses et phosphoreuses.* — Notions sur le mazéage des fontes au bas-foyer.

22^e Leçon.

3^o *Procédé anglais ou affinage au reverbère.*

Historique. Principes de l'affinage au reverbère.

Four à puddler. — Foyer, laboratoire, sole. Four simple. Four double. Four à cassin. Chaudières à la suite des fours. Armatures. Prix de revient.

Etude de l'opération de l'affinage.

Puddlage sec. Puddlage bouillant. Périodes successives de l'opération. Nature des fontes. Produits obtenus.

Puddlage pour acier. Historique. Four à acier. Fontes et produits.

Conditions économiques du puddlage.

4° Travail mécanique des loupes.

Cinglage : marteau frontal, marteau à soulèvement, marteau-pilon, squeezer.

Étirage : étirage au marteau, laminage des blooms cinglés.

5° Variantes dans la méthode type de puddlage.

23^e Leçon.

Amélioration du produit. — Additions diverses. Réchauffages multiples.

Diminution de la consommation du combustible. — Soufflage de la grille. Grilles à gradins. Chauffes gazogènes. Fours à gaz et à récupération : Fours de Langlade, Harvey, Springer, four de Pietzka.

Diminution de la main-d'œuvre par brassage mécanique. — Fours fixes : Appareil Lemut, four Espinasse. Fours mobiles : four Pernot, four Danks-Bouvard. Produits obtenus.

FABRICATION DE L'ACIER PAR CÉMENTATION

Objet de la cémentation carburante. Etude théorique ; expériences de Boussingault, de Mannesmann. Four de cémentation. Description d'une opération ; prix de revient.

Cémentation des plaques de blindage par le procédé Harvey.

IV. — TRANSFORMATION DES MÉTAUX SOUDÉS EN MÉTAUX FONDUS

Historique : Avantages des métaux fondus sur les métaux soudés. 24^e Leçon.

A. Propriétés du fer et de l'acier obtenus par fusion.

Différences de composition : liquation. Solutions de continuité : soufflures, retassure, criques.

Soufflures. — *Causes des soufflures.* — Divers états des gaz dans les métaux ; dégagement des gaz du métal en voie de solidification. Forme et position des soufflures ; influence de la température de coulée, de la carburation du métal. Etincelle et remonte.

Actions influençant le dégagement des gaz : température, composition du métal, mode de fabrication, pression, agitation, mode de solidification. Quantités de gaz dégagé pendant la solidification, pendant le raffinage. Composition des gaz dégagés.

Causes du dégagement des gaz. — Entraînement mécanique ; réaction donnant de l'oxyde de carbone ; différence de solubilité. Courbes de solubilité.

Moyens de diminuer ou d'empêcher les soufflures. — Compression du métal liquide : presse hydraulique de Withworth, appareil de Daelen, procédé Krupp ; discussion de l'action de la compression. Additions chimiques à la coulée : action du manganèse, de l'aluminium, du ferrosilicium ; augmentation du pouvoir dissolvant par le silicium.

Retassure. — *Cause de la retassure.* — Etude du refroidissement du métal fondu. Forme et position de la retassure, volume.

Moyens d'empêcher la retassure. — Action de la masselotte. Déchets. Dispositions diverses (Boulton, Huisdale).

Criques. — Criques superficielles des lingots (longitudinales et transversales) ; causes ; moyens de les éviter. Criques intérieures. Importance des réchauffages lents et méthodiques.

B. Appareils de coulée des métaux fondus.

Poches de coulée. — Quenouille. Busette.

25^e Leçon.

Dispositions de coulée. — Dispositions générales. Poches fixes et lingotières mobiles. Poches mobiles. Chariots, grues et ponts pour la coulée. Fosses de coulée. Grues à lingots.

Moules et lingotières. — Formes diverses des lingots. Coulée directe ; coulée en source.

C. Fabrication de l'acier au creuset.

Historique. Principe du procédé.

Matières premières et nature des produits.

Creusets. — Dimensions, charge. Creusets de graphite ; creusets d'argile ; fabrication ; durée.

Fours. — Fours à vent. Fours Siemens. Fours à naphte. Comparaison des divers types.

Marche de l'opération. — Chargement. Fusion. Défournement et coulée. Additions diverses. Classement des lingots. Variantes du procédé.

Etude chimique du procédé au creuset. — Influence de la composition des creusets.

Conditions économiques de la fusion au creuset.

D. Fusion de l'acier sur sole.

Historique. Difficultés du début. Perfectionnements successifs. Procédé Siemens-Martin ; sa transformation en procédé d'affinage.

V. — AFFINAGE DE LA FONTE POUR MÉTAUX FONDUS

Historique. Procédés Uchatius. Procédé Bessemer.

26^e et 27^e
Leçons.

A. Affinage sur sole au four à reverbère.

Four Martin Siemens. — Description générale.

Laboratoire. — Voûte. Sole : sole acide et sole basique ; trou de coulée ; dimensions. Piédroits. Autels et brûleurs ; carneaux à gaz, carneaux à air. Procédés de conservation des têtes. Principes à suivre dans l'établissement d'un four.

Chambres de récupération. — Dimensions. Mode de construction. Dispositions diverses.

Valves d'inversion. — Conditions d'établissement. Types divers.

Gazogènes. — Quantité de gaz nécessaire. Surface de grille et nombre des gazogènes.

Procédé aux riblons. — Proportions de la fonte et des riblons. Chargement ; importance de la rapidité ; appareils de chargement mécanique : appareil du Creusot et appareils américains. Période de réaction ; prises d'essai. Raffinage et recarburation ; action du spiegel, du ferromanganèse, du ferrosilicium ; procédé Darby. Aciers durs et aciers doux. Coulée.

Différence entre le procédé acide et le procédé basique ; matières premières. Opérations spéciales du procédé basique ; addition de chaux, décrassage. Procédé Bertrand-Thiel à Kladno. Action du spath fluor.

Procédé au minerai. — Différence avec le procédé aux riblons. Proportions de minerais.

Réactions chimiques du procédé Martin. — Influence de la marche de l'opération sur l'élimination du carbone, du manganèse, du silicium, du soufre, du phosphore. Exemples d'opérations ; courbes d'élimination des impuretés.

Composition des scories.

Conditions économiques de la fusion sur sole. — Durée d'une opération. Main-d'œuvre. Combustible; coefficient d'utilisation de la chaleur. Déchet. Durée d'une campagne.

Prix de revient de la fusion sur sole.

Dispositions d'ensemble des aciéries. — Conditions à réaliser. Dispositions générales des fours, des fosses de coulée, des grues à lingots.

Types divers d'installations. Coulée des gros lingots, disposition de Saint-Chamond. Aciérie Martin du Creusot. Aciéries anglaises. Aciéries américaines.

B. Affinage par le procédé Bessemer.

Généralités. — Définition. Historique. Addition finale. Procédé Thomas. Appareils divers.

28^e et 29^e
Leçons.

Principe de l'affinage par le vent. — Bilan thermique d'une opération Bessemer.

Convertisseur Bessemer.

1^o *Forme générale.* — Conditions que doit réaliser l'appareil.

2^o *Revêtement intérieur.* — Profil; profils droits et profils rétrécis; bec excentrique et bec concentrique. Nécessité des fonds amovibles. Tuyères; soufflage par le fond et soufflage latéral. Confection des revêtements; épaisseur.

Fonds. — Fonds plats et fonds coniques. Confection des fonds. Disposition des tuyères.

Durée des fonds; durée des revêtements. Capacité et dimensions des convertisseurs.

3^o *Enveloppe extérieure.* — Corps de la cornue: ceinture des tourillons. Disposition Holley. Tourillons. Arrivée de l'air; col de cygne.

Fonds amovibles. Support du revêtement. Boîte à tuyères. Liaison des fonds avec le corps de la cornue.

4° *Mécanisme de rotation.* — Paliers de support. Crémaillères. Disposition de Durfee.

Souffleries Bessemer. — Volume du vent; pression. Travail de la compression. Dimensions des cylindres. Nombre de tours. Dispositions diverses des machines soufflantes.

Modes opératoires du procédé Bessemer. — Affinage en seconde fusion. Cubilots à fonte. Fours à additions. Affinage en première fusion. Mélangeurs: utilité; dispositions diverses. Action du mélangeur sur la désulfuration.

Procédé acide et procédé basique.

1° *Procédé acide.* — Méthode type anglaise; fontes traitées; phases de l'opération. Additions finales.

Variantes de la méthode type. Méthode suédoise; suppression de la recarburation; fontes et produits. Surchauffage des fontes; méthode allemande, méthode de Nijni-Taguil; méthode rapide américaine.

2° *Procédé basique.* — Procédé type Thomas Gilchrist. Nature des fontes. Nature des produits. Phases de l'opération. Sursoufflage.

3° *Convertisseurs spéciaux pour moulages.* — Convertisseur Walrand-Légénissel. Procédé Robert; addition de ferro-silicium. Procédé Clapp-Griffiths.

4° *Arrêt de l'opération Bessemer.* — Examen des flammes, spectroscope. Examen des scories. Essais directs sur le métal.

5° *Allures diverses dans la marche d'une opération.* Allure chaude, allure froide; moyens d'y remédier.

Réactions chimiques dans l'opération Bessemer. — *Changements dans la composition du métal.* — Elimination des divers éléments. Exemples; courbes d'élimination. 30^e Leçon

Scories. — Composition. Scories acides et scories basiques.

Gaz. — Variations de la composition des gaz dégagés.

Conditions économiques de l'affinage Bessemer. — Sous-produits de l'opération. Déchet. Consommation de combustible. Main-d'œuvre. Prix de revient du métal Bessemer; exemples divers.

Dispositions d'ensemble des usines Bessemer. — Conditions à réaliser. Dispositions générales des cornues, des fosses de coulée et des grues à lingots.

Types divers d'installations. Disposition anglais ancienne. Installation Forsyth. Atelier Bessemer de Peine; atelier de Bochum. Disposition de Homestead à Pittsburg. Installations de la Lorraine.

VI. — ÉPURATION DES FONTES

Importance de l'épuration pour les fabrications spéciales. Généralités sur le mazéage des fontes : élimination du silicium, du manganèse, du soufre et du phosphore. Désulfuration; action du manganèse. 31^e Leçon.

Mazéage au cubilot Rollet. — Principe de l'appareil. Description; dimension. Importance d'un écoulement continu. Modes opératoires pour désulfuration, pour déphosphoration, pour désulfuration et déphosphoration simultanées. Prix de revient de l'opération.

Procédés divers. — Procédé Bell ou procédé laveur; procédé Krupp; procédé Massenaz et Hilgenstock; procédé Heaton. Désulfuration par le procédé Saniter.

VII. — FABRICATION DES MOULAGES

Généralités sur les moulages. Modèles. Châssis de fonderie. Confection des moules.

A. Moulage de la fonte.

Fontes de moulage ; action de la fusion sur leur composition ; propriétés mécaniques.

Appareils de fusion. — *Cubilot.* — Conditions d'une marche économique. Forme et dimensions. Types divers : Ireland, Krigar. Soufflerie. Conduite du cubilot. Consommation de combustible.

Reverbères. — Dimensions principales.

Fusion au creuset. — Appareil Piat.

Généralités sur les moulages de fonte. Retrait. Coulée en coquille. Coulée en sable. Sables verts et sables étuvés. Confection des noyaux. Installation générale d'un atelier de moulage de la fonte.

Fonte malléable. — Propriétés. Décarburation. Prix de revient.

Fonte acièreuse (Temperguss). Généralités.

B. Moulage des aciers.

Retrait de l'acier. Moulages des aciers durs. Moulages des aciers doux. Sables de moulage. Etuvage des moules. Fours à recuire.

Dispositions d'ensemble des ateliers de moulages ; exemples divers. Fours Siemens et convertisseurs spéciaux pour moulages.

VIII. — TRAVAIL MÉCANIQUE DES MÉTAUX

A. Travail de la forge.

Forgeage par le choc. — Marteaux. — Action des pannes sur le métal ; pannes larges et pannes étroites. Outils divers de forge. 32° et 33°
Leçons.

Marteau-pilon à vapeur. — Marteaux à simple effet, à double effet. Poids de quelques marteaux. Description d'un marteau-pilon : bâti, cylindre, masse frappante. Enclume et chabotte.

Types divers de pilons. — Pilon à air comprimé. Pilon à ressorts, etc.

Forgeage par compression. — Travail de la presse ; comparaison avec le travail du pilon. Description d'une presse à forger : bâti, sommiers, pot de presse ; cylindres de relevage et d'abaissement rapide ; pannes et enclumes. Pompes de compression.

Dispositions des ateliers de grosse forge. — Types divers. Grues et ponts roulants. Fours à réchauffer.

B. Travail du laminage.

Généralités. — Historique. Principe du laminage. Action du laminage. Diamètre des cylindres. Cannelures : cannelures tangentes, emboîtantes, soudantes. Coefficient de décroissance. Laminage des plats, des ronds et des carrés. Profils divers.

Description d'un laminoir. — Cages et empoises. — Disposition des empoises.

Appareils d'écartement et de rapprochement des cylindres. — Dispositions des vis, des coins. Equilibrage des cylindres mobiles.

Cylindres. — Nature du métal. Diamètres. Tourillon.

Joints et engrenages. — Manchons et trèfles. Engrenages à chevrons.

Appareils de manœuvre. — Crochets. Tabliers roleveurs. Ripeurs.

Dispositions diverses des laminoirs. — Duos et trios. Trains à tôles ; dimensions principales. Duos réversibles. Trios ; types divers (Lauth, Holley, Fritz). Laminoir universel. Laminoir à bandages.

Machines motrices. — Importance des machines. Machines à volant ; détente. Machines réversibles.

C. Travail mécanique du fer soudé.

Paquetage et réchauffage. — Laminoir de puddlage. Cisailles pour fer brut. Confection des paquets ; exemples divers. Réchauffage. Fours à réchauffer ; dimensions et formes. Fours Siemens et fours à chaudières.

Corroyage. — Gros mill et moyen mill ; dimensions principales, vitesse. Cage blooming ; spatards ; cages dégrossisseuses et finisseuses. Petit mill ; dimensions et vitesse. Trains machines ; types divers (Firminy, Fourchambault, nouvelles installations).

D. Travail mécanique du métal fondu.

34^e Leçon. *Réchauffage des lingots.* — Fours à réchauffer, types divers ; four roulant. Fosses Gjers. Fours américains (Hainsworth).

Laminage des lingots. — Trains à rails. Trains à poutrelles. Trains à tôles. Dispositions générales des ateliers de laminage. Exemples.

Conditions économiques du laminage. — Consommation de vapeur. Déchet. Main-d'œuvre. Prix de revient des tôles et des profilés.

Généralités sur quelques fabrications spéciales.
— Forgeage des grosses pièces : tubes de canons, frettes, tourillons, arbres pour les navires, blindages. Fabrication des bandages.

IX. — PROPRIÉTÉS DES FERS ET DES ACIERS

Malléabilité, ductilité. — Définition. Limite d'élasticité. Influence des divers métaux et métalloïdes. Métal mou. Fragilité au bleu. Allongement ; courbes d'allongement. 35^e Leçon.

Soudabilité, température de fusion. — Définition. Divers procédés de soudage. Points de fusion de quelques alliages. Influence des métaux et des métalloïdes.

Propriétés mécaniques. — Ténacité, résistance à la rupture. Pliage. Résistance au choc. Actions influençant les propriétés mécaniques : mode de fabrication, composition chimique, travail mécanique, trempe et recuit, etc.

Trempe et recuit. — Définitions. Opérations de la trempe ; chauffage des pièces, refroidissement. Recuit. Importance de la détermination exacte des températures.

Action de la trempe et du recuit sur la résistance à la traction, sur l'allongement, sur la limite d'élasticité, sur la dureté.

Théorie de la trempe et du recuit. Modifications dans l'état chimique du carbone, dans les tensions élastiques, dans l'état cristallin.

Essais des fers et des aciers. — Essais chimiques.
Essais de trempe et de pliage. Epreuves par le choc.
Epreuves de traction. Notions sur le prélèvement des
barrettes d'essai. Balances de traction ; types divers ;
appareils enregistreurs.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE.

2^e PARTIE

(40 LEÇONS)

M. JOUGUET, ingénieur des mines, Professeur.

II. — MACHINES HYDRAULIQUES
ET PNEUMATIQUES

(Suite).

§ 2. — HYDRAULIQUE ET MACHINES HYDRAULIQUES (suite.)

Machines réceptrices. — Généralités. — Aménage- 1^{re} et 2^e Leçons
ment des chutes d'eau. Equation de la conservation de
l'énergie pour un moteur hydraulique quelconque.
Classification des pertes. Rendement hydraulique et
rendement total.

Moteurs à poids et roues. — Balances d'eau. Chape-
let hydraulique. — Roue à augets en dessus et roue de
poitrine. Roue de côté et roue Sagebien. Roue en
dessous à aubes planes et roue Poncelet. Rendement
et usage de ces divers récepteurs.

Turbines. — Description et classification. — Théorie 3^e 4^e et 5^e
générale. Formule fondamentale des turbo-machines Leçons.
réceptrices. Etude des pertes : pertes extérieures et
pertes intérieures. Théorème de M. Rateau. Coefficients
et courbes caractéristiques. — Triangles des vitesses
dans les différents types. Influence du degré de réaction
sur le rendement et sur la vitesse. Propriétés des
turbines centripètes ou mixtes. — Détails de construc-
tion. Aubes. Pivots. Equilibrage de la poussée longi-
tudinale de l'eau. — Marche sous différents régimes.

Vannages. — Etendue du champ d'application des turbines.

6^e Leçon. **Machines à colonne d'eau.** — Mouvement des colonnes d'eau. Coups de bélier. — Machines d'épuisement de mines, élévateurs hydrauliques, machines à mouvement de rotation. — Accumulateurs.

Machines génératrices. — *Pompes à mouvement alternatif.* — Description des principaux types et classification. — Hauteur maxima d'aspiration. — Mouvement de l'eau. Coups de bélier. Réservoirs d'air.

7^e Leçon. **Pompes rotatives.**

Bélier hydraulique.

Pompes centrifuges. — Formule fondamentale des turbo-machines génératrices. Théorème de M. Rateau. Coefficients et courbes caractéristiques. — Du pouvoir manométrique. Type centrifuge et type hélicoïde. — Importance des amortisseurs. Différents types d'amortisseurs. — Marche sur une ouverture variable. — Amorçage. — Champ d'application des pompes centrifuges. Couplage en tension. Pompes à déblais.

§ 3. — MOUVEMENT DES GAZ ET MACHINES PNEUMATIQUES

8^e Leçon. **Etude des gaz parfaits.** — Définition du gaz parfait par les lois de Mariotte et de Joule et par l'hypothèse de Clausius. — Conséquences de cette définition. Loi de Gay-Lussac. Equation de compressibilité des gaz parfaits. Détentes isotherme et adiabatique réversibles. — Mélanges de gaz.

Mouvement des gaz parfaits. — Ecoulement par un orifice. Débit limite. Formules empiriques. — Laminage à travers un orifice étroit et frottement contre les parois. Expérience de Joule-Thomson. Détendeurs. — Formules

empiriques pour le frottement des gaz dans les conduites (gaz d'éclairage, air comprimé).

Machines génératrices. — *Machines à piston.* — Machines soufflantes et compresseurs d'air. Rôle de l'espace libre. Echauffement de l'air pendant la compression et dispositions pour le combattre. — Distribution par tiroirs, par soupapes libres ou commandées.

9^e et 10^e
Leçons.

Ventilateurs statiques ou volumogènes. — Emploi dans les mines (Fabry, Lemielle) ou dans la métallurgie (Root).

Ventilateurs dynamiques ou déprimogènes. — Renvoi à la théorie des pompes centrifuges. Ouverture et orifice équivalent. Principaux types de ventilateurs.

Machines réceptrices. — *Emploi de l'air comprimé (machines à piston).* — Refroidissement pendant la détente. Manières de le combattre. Réchauffage de l'air. Mélange d'air et de vapeur. — Applications dans les mines, dans les tramways. Rendement final de l'air comprimé.

Turbo-machines. — Moulins à vent. Anémomètres.

III. — MACHINES THERMIQUES

§ 1^{er}. — GÉNÉRALITÉS

Rendement d'un moteur thermique. Théorème du rendement maximum. Fonctionnement avec régénérateur.

11^e Leçon.

§ 2. — MACHINE A VAPEUR

Théorie des vapeurs saturées. — Tension de vapeur saturée. Energie interne. Entropie. Détente adiabatique réversible.

Mouvement des vapeurs saturées. — Ecoulement adiabatique par un orifice. Débit limite. Formules empiriques. — Laminage à travers un orifice étroit. Détendeurs. — Formules empiriques pour le mouvement de la vapeur dans les conduites.

12°, 13°, 14°,
15°, 16° et 17°
Leçons.

Etude du travail indiqué. — *Cycle théorique de la machine à vapeur.* — Comparaison avec le cycle de Carnot.

Causes de diminution du rendement. — Détente tronquée. — Espace libre. Compression. — Effet de l'eau mélangée à la vapeur. — Fuites. — Laminages. — Action des parois. Travaux de Hirn. Degré de détente économique. Moyens d'atténuer l'action des parois. Enveloppe de vapeur.

Emploi des hautes pressions et de la vapeur surchauffée.

Calcul du volume d'un cylindre. — Formule de Poncelet et Morin.

Machines polycylindriques. — Comparaison avec les machines monocylindriques au point de vue des causes de diminution du rendement. Avantage des machines polycylindriques pour l'emploi des hautes pressions. — Calcul du volume des cylindres. — Disposition des cylindres. Machine de Woolf.

Résultats d'expériences. — Consommation des machines par cheval indiqué.

18°, 19°, 20°,
21° et 22°
Leçons.

Distribution. — *Distribution par tiroir à coquille.* — Description. Epure de Reech et Dubost. Détermination des éléments d'une distribution. Montage par avances égales. Ressources et propriétés de la distribution par tiroir.

Epure de Zeuner, épure en œuf, épure sinusoïdale.

Variantes du tiroir. Tiroirs solidaires, à double orifice, à canal, équilibrés, cylindriques. Tiroirs rotatifs, robinet Biétrieux.

Changement de marche. Principe des coulisses. Théorème de Guinotte. Application à l'étude des principales coulisses (Stephenson, Gooch, Allan, Walschaert, Marshall, Joy, excentrique sphérique Tripier). — Servomoteur.

Distribution à deux tiroirs. — Ses propriétés. Détentes Gonzenbach, Farcot, Guinotte, Meyer, Rider.

Distribution par distributeurs multiples. — Emploi des robinets. Machines Corliss à déclié et machines sans déclié. (Durant et Lencauchez). — Emploi de petits tiroirs plans. Machine Wheelock. — Emploi des soupapes. Détentes Sulzer, Audemar Kraft. Distribution de la machine de Cornouailles.

Marche à contre-vapeur ou à admission de vapeur fermée. — Marche à contre-vapeur. Travail résistant. Cas des locomotives. Injection d'eau et de vapeur. — Marche avec admission fermée. Cas des locomotives. Soupape Ricour.

Démarrage des machines. — Moment de démarrage. Points morts. Cas de plusieurs cylindres et de plusieurs manivelles. — Démarrage des machines compound. Principaux appareils employés pour faciliter ce démarrage (Mallet, Lindner, Von Borries).

Transformation du travail indiqué en travail effectif. — Principaux organes de la machine. Cylindre. Piston. Segments de piston. Tige. Garnitures de la tige. (garnitures fixes et garnitures à déplacement transversal). Mécanisme de transmission (renvoi au cours de première année). — Graissage des organes soumis à l'action de la vapeur.

23^e Leçon.

Rendement organique. Ses variations avec la vitesse et avec la puissance indiquée.

24^e Leçon. **Réactions de la machine en marche.** — Bâti. Fondations. — Réaction de la machine sur la fondation. Influence des forces d'inertie. Equilibrage partiel des pièces à mouvement alternatif.

25^e, 26^e et 27^e Leçons. **Régularisation du mouvement.** — *Volant.* — Irrégularité du mouvement moteur pendant un tour. Rôle et calcul du volant. Ecart relatif de vitesse toléré par le volant.

Régulateur. — Marche de la machine sous des régimes variables. Ligne de régime. Rôle et mode d'action du régulateur à action directe.

Etude de l'appareil à force centrifuge. Types de Watt, Porter, Farcot. Ecart relatif de vitesse. Degré d'isochronisme. Puissance. Sensibilité.

Relations entre la machine et le régulateur. — Réaction du déclic sur le manchon; frein à huile. — Relation entre la sensibilité du régulateur et l'écart relatif de vitesse du volant. — Notions très sommaires sur les oscillations à longue période. Régulateurs à ressort. Régulateurs dans le volant. — Réglage des régulateurs.

Régulateur à action indirecte. Ses inconvénients.

Régularisation du mouvement des turbines hydrauliques. Emploi des servo-moteurs.

28^e Leçon. **Condensation.** — *Condensation par mélange.* — Rôle de l'air dissous dans l'eau. Température du condenseur et contre-pression. Pompe à air. Détermination des éléments d'un condenseur par mélange. Travail absorbé par la pompe à air. Détails et types divers (Weiss, Létoret).

Condensation par surface. — Son emploi en mer. Détermination des éléments d'un condenseur par surface. Travail absorbé par les pompes.

Chaudières. — *Généralités.* — Chute de température entre le foyer et l'eau de la chaudière. Son influence sur le rendement des machines à vapeur. — Rendement en quantité de chaleur. Rendement de la combustion et rendement de la vaporisation. — Puissance. 29°, 30°, 31°
et 32° Leçons.

Etude de la combustion au point de vue du rendement et de la puissance. Fumivorité. Tirage naturel et tirage forcé. Emploi des voûtes et des bouilleurs. — Utilisation des combustibles inférieurs, des combustibles en poussières, des combustibles liquides, des combustibles gazeux.

Etude de la vaporisation au point de vue du rendement et de la puissance. Transmission de la chaleur à travers la tôle. Surface de chauffe directe ou indirecte. Réchauffeur d'alimentation.

Résultats d'essais. Expériences du P.-L.-M.

Rôle de la quantité d'eau et de vapeur. Chaudières sans foyer.

Description des principaux types. — Chaudières à grand corps (à foyer extérieur ou à foyer intérieur, verticales ou horizontales, avec ou sans bouilleurs). — Chaudières à tubes de fumée (types locomotives, semi-tubulaire, marine). Tubes lisses et tubes Serve. — Chaudières à tubes d'eau. Leurs propriétés. Types à gros tubes et à circulation. (Belleville, Balcok et Wilcox, etc.); types à petits tubes et à circulation (Dutemple, Yarrow, Thornicroft); types à tubes Field (Field, Niclausse); types à vaporisation instantanée (Serpellet).

Réchauffeurs et surchauffeurs. — Réchauffage de l'eau d'alimentation par les flammes perdues, par la

vapeur d'échappement, par la vapeur prise à la chaudière. — Surchauffeurs. Surchauffe par simple laminage.

Alimentation. — Rôle des différentes impuretés contenues dans l'eau (air, acides, matières grasses, matières en suspension, sels divers). Purification des eaux.

Pompes alimentaires. — Bouteille alimentaire. — Injecteurs. Applications diverses du principe de l'injecteurs : éjecteurs, éjecteurs-condenseurs.

Réglementation administrative. — Décrets de 1880, 1886, 1883 et 1893.

Appareils de sûreté. Indicateurs de niveau. Manomètre. Soupapes. Clapets d'arrêt de vapeur. Clapets de retenue d'alimentation. — Prescriptions relatives à la mise en service et aux conditions d'emplacement des générateurs. — Epreuves. — Récipients.

Construction des chaudières. — Nature du métal employé. Travail de chaudronnerie.

Accidents dus aux défauts originaux des appareils, dus au mauvais emploi des appareils, dus aux détériorations subies par suite de l'usage (corrosions, fentes, incrustations).

33^e et 34^e
Leçons.

Revue des principaux types de machines. — Machines d'atelier lentes ou rapides, verticales ou horizontales. — Locomobiles, machines demi-fixes. — Machines marines. Cylindres oscillants. Type pilon et type horizontal. — Locomotives. Locomotives compound. — Machines d'extraction. Distributions employées. Usage de la détente (détente commandée à la main, par le régulateur de vitesse ou par l'indicateur de position des cages). Machines d'extraction compound. — Laminaires réversibles ou à mouvement continu. — Machines actionnant

des pompes. Machines à mouvement de rotation et à volant. Machines à action directe. Machine de Cornouailles. Emploi de la détente dans les machines de Cornouailles. Equilibrage du poids des tiges. Balancier ordinaire. Balancier Bockholtz. — Pulsomètres. Ejecteurs.

Machines rotatives. — Turbines à vapeur.

Récapitulation. — Rendement final des machines à vapeur. Poids. Exemples de prix.

§ 3. — MOTEURS A AIR CHAUD ET A GAZ

Moteurs à air chaud. — Cycle de Stirling. — Cycle d'Ericson. — Moteurs à combustible intérieur. Principes des moteurs à gaz. 35^e Leçon.

Combustions des mélanges utilisés dans les moteurs. — *Chaleurs spécifiques des gaz.* — Extension de la notion de gaz parfait. Lois de Delaroche et Bérard et de Wœstyné. Chaleurs spécifiques d'un mélange de gaz parfaits. — Gaz naturels. Variation des chaleurs spécifiques avec la température. 36^e et 37^e Leçons.

Combustion. — Combustion à volume constant, à pression constante. Pouvoir calorifique dans les deux cas. Cas où les produits de la combustion contiennent des vapeurs condensables. — Inflammation. Température d'inflammation. Vitesse de propagation. — Température de combustion. Son calcul. Calcul de la pression finale dans le cas de la combustion à volume constant.

Moteurs à gaz et à pétrole. — Historique et classification. Moteurs à explosion sans compression, à explosion et compression, atmosphériques, à combustion. Cycles théoriques. — Causes de diminution du rendement. Action des parois, laminages, frottements, combustion incomplète. Exemples de rendement. 38^e et 39^e Leçons.

Moteur Otto et ses dérivés. Modes d'allumage. Distribution par tiroir ou par soupapes. Prolongation de la détente (Charon, Atkinson). Régulation. Moteurs à double effet. Moteurs à deux temps, à six temps.

Moteurs à combustion. Moteur Diesel.

Emploi du gaz pauvre. Gaz Strong et gaz Dowson. — Emploi des huiles minérales. Essences et huiles lampantes. Carburateurs.

§ 4. — MACHINES FRIGORIFIQUES

40^e Leçon. Machines à air. — Machines à liquides volatils. Fluides généralement employés. — Machines à affinité. Influence de l'eau entraînée.

Obtention des très basses températures. Emploi des cycles en cascade. — Utilisation du phénomène Joule-Thomson (machine de Linde).

CONSTRUCTIONS

(80 LEÇONS)

M. LIÉNARD, Ingénieur des mines, Professeur.

Préliminaires. Division du cours : résistance des matériaux et construction proprement dite. Principes de la résistance des matériaux : Différence entre les solides naturels et les solides indéformables étudiés en mécanique rationnelle. Forces élastiques. Conditions générales d'équilibre d'un solide élastique. Limite que ne doivent pas dépasser les forces élastiques. Pièces prismatiques. Hypothèse de Bernouilli. Réduction d'une déformation d'une pièce prismatique en 4 déformations simples. 1^{re} Leçon.

Extension. Définition. Faits d'expérience. Phénomène de la striction. Loi de la déformation. Coefficient d'élasticité. Taux de sécurité. Ecroutissage.

Effet d'une charge statique, d'un choc. Lois de Wöhler. Formule d'équarrissage. 2^e Leçon.

Compression des pièces courtes. Faits d'expérience. Loi de la déformation. Taux de sécurité. Formule d'équarrissage.

Glissement et cisaillement. Loi théorique de la déformation. Taux de sécurité et formule d'équarrissage.

Torsion. Faits d'expérience. Loi de la déformation.

Réduction au phénomène du glissement. Formule théorique, taux de sécurité. Formule d'équarrissage. 3^e Leçon.

Flexion. Etude théorique de la flexion circulaire simple. Comparaison avec l'expérience. Expériences de M. Considère. Limite d'élasticité.

4^e Leçon. Formule d'équarrissage. Effort tranchant total. Effort de cisaillement longitudinal. Relation entre le moment fléchissant et l'effort tranchant total. Répartition de l'effort tranchant. Formule d'équarrissage. Flexion déviée. Solides d'égale résistance.

Déformations composées : flexion et traction. Flexion et compression.

5^e Leçon. Compression des pièces longues, flambage. Torsion et flexion.

Application des théories précédentes aux poutres droites. Poutre à deux appuis : cas d'une charge uniformément répartie ; réactions des appuis ; effort tranchant, moment fléchissant, équarrissage, déformation.

Cas d'une charge concentrée en un point : réactions des appuis ; moment fléchissant, effort tranchant.

Poutre encastree à une extrémité, libre à l'autre avec une charge uniforme et une charge isolée à l'extrémité : réaction et couple d'encastrement ; moment fléchissant et effort tranchant.

Poutre reposant sur deux appuis simples et chargée d'une manière quelconque : réactions des appuis ; moment fléchissant, effort tranchant.

6^e Leçon. Forme de la fibre neutre déformée. Théorie des prétendues charges.

Poutre maintenue d'une manière quelconque (appuis de niveau) et supportant une charge répartie quelconque. Cas particulier d'une charge uniformément répartie ou concentrée en un point pour une poutre encastree aux deux extrémités.

Poutre continue avec une charge quelconque (appuis de niveau). Théorème des trois moments. Calcul des moments fléchissants, des efforts tranchants et des réactions des appuis.

Poutres d'égale résistance.

7^e Leçon.

Statique graphique. Théorie du polygone des forces et du polygone funiculaire. Application de la théorie aux poutres droites : courbe des moments fléchissants et des efforts tranchants. Echelles à adopter.

Cas d'une poutre sur appuis simples, avec des charges uniformément réparties ; avec une charge quelconque. Echelle des charges réparties. Cas particulier d'une charge trapézoïdale.

8^e Leçon.

Poutre dépassant ses appuis ; poutre encastrée à une extrémité, libre à l'autre.

Poutre encastrée à une ou aux deux extrémités. Influence d'une différence de niveau entre les appuis.

Poutre continue avec appuis de niveau ou non.

9^e Leçon.

Forme de la fibre neutre déformée d'une poutre fléchie.

Théorie des arcs plans : courbe des pressions. Cas particulier où les forces sont parallèles.

Arc sur rotules avec charnière. Détermination graphique des réactions des appuis. Poussée. Cas des forces parallèles.

10^e Leçon.

Arcs sans charnière, sur rotules ou encastrés. Relations imposées par la nature des appuis.

Statique graphique d'un arc sur rotules. Influence de la température.

Arc encastré aux deux extrémités dans le cas où $I \frac{dx}{ds}$ est constant.

Recherche graphique du centre de gravité et des moments d'inertie d'une aire plane.

Éléments des maçonneries. Pierres de construction : leurs propriétés et leurs caractères : qualités et défauts. Briques et tuiles. Détails de fabrication. Qualités et

11^e Leçon.

défauts. Plâtre. Chaux et ciments. Fabrication. Composition. Classification. Résumé des connaissances actuelles. Prise. Causes de destruction. Essais de réception.

12^e Leçon. Pouzzolanes. Sables. Mortiers : définitions ; propriétés. Dosage, gachage. Emploi. Bétons : fabrication.

Exécution des maçonneries. Outils et engins. Fondations. Classification des terrains. Etude du sous-sol ; détermination de sa résistance. Fondations en terrain incompressible : emploi à cet effet de divers matériaux. Fondations en terrain compressible, mais affouillable. Procédés divers. Fondations en terrain compressible et homogène.

13^e Leçon. Fondations sous l'eau (description très sommaire des procédés employés dans ce cas) : emploi des batardeaux, fondations sur pilotis par caisson, à l'air comprimé. Exemple du pont Alexandre III. Murs de clôture. Murs de bâtiment : profil, épaisseur. Appareil. Stabilité d'un mur. Courbe des pressions. Application aux barrages. Murs de soutènement. Etalement des murs.

14^e Leçon. Voûtes cylindriques. Définitions. Tracé. Mode de construction. Cintres. Décintrement. Procédés élémentaires pour vérifier la stabilité d'une voûte. Plates-bandes ; voûtes diverses.

15^e Leçon. Propriétés des bois employés dans les constructions. Classification. Qualités. Défauts. Procédés de conservation. Formes des bois du commerce. Travail des bois. Poutres armées. Notions très résumées sur les propriétés des métaux employés dans les constructions. Machines à essayer les métaux.

Travure des planchers en bois.

Travure des planchers en fer. Supports. Assemblages des poutres et solives. Contreventements. Travures mixtes. 16^e Leçon.

Aires des planchers : parquets ; aires bitumées ; aires diverses. Plafonds.

Pans de bois et pans de fer.

Combles. Toitures et couvertures : emploi des tuiles, de l'ardoise, de la tôle, du zinc, etc. Gouttières et chéneaux. 17^e Leçon.

Combles et constructions en charpentes. Détermination des forces intérieures dans un pan de charpente : méthode des nœuds ; méthode des sections. Barres surabondantes.

Construction et calcul des barres et des assemblages de charpentes en bois ou en fer, ou mixtes. Barres soumises à la traction. Barres soumises à la compression. Barres soumises à la flexion. Procédés de calcul des poutres double T, simples et composées.

Fermes en bois. Fermes en fer. Sheds.

18^e Leçon.

Ponts en charpentes et ponts métalliques. Poutres à mailles et à treillis. Tabliers.

Supports isolés : Colonnes, palées, chevalements de puits. Efforts maxima supportés par un chevalement. 19^e Leçon.

Calcul de quelques pièces de machine : Corps cylindriques ; rivets.

Boulons. Clavetage. Tiges de piston. Volants. Balanciers, manivelles. Engrenages. Arbres. Ressorts. 20^e Leçon.

ANALYSE MINÉRALE

(2^e PARTIE)

(15 LEÇONS)

M. BABU, ingénieur des mines, directeur du laboratoire, Professeur.

COBALT ET NICKEL

1^{re} et 2^e Leçons Oxydes et sulfures ; propriétés. Caractères des sels.

Dosages ; précipitation à l'état de sesquioxyde et à l'état de sulfure. — Dosage volumétrique. Précipitation électrolytique. Séparation du nickel et du cobalt.

Séparation du nickel et du cobalt des alcalis, des terres alcalines, de l'alumine, de la magnésie, du fer, du manganèse, de l'arsenic.

Minéraux et minerais de cobalt et de nickel. — Analyse des arséniosulfures ; de l'hydrosilicate de nickel.

Produits d'art. — Analyse du verre bleu de cobalt, du nickel métallique, d'un speiss.

MOLYBDÈNE ET TUNGSTÈNE

Oxydes et sulfures. Molybdates ; tungstates. — Caractères des sels.

Dosage du molybdène : précipitation à l'état de sulfure ; dosage volumétrique.

Dosage du tungstène à l'état d'acide tungstique. — Séparation de la silice de l'acide molybdique et de l'acide tungstique.

Minéraux ; analyse du sulfure de molybdène, de la schéelite, du wolfram. Analyse du phosphomolybdate d'ammoniaque.

ZINC

Propriétés ; purification. Usages en analyse minérale. 3^e et 4^e Leçons
Oxydes, sulfure ; propriétés. Caractères des sels.

Dosage ; précipitation à l'état de sulfure. Précipitation électrolytique en liqueur cyanurée. Dosage volumétrique par le sulfure de sodium. Séparation du zinc des alcalis, des terres alcalines, de l'alumine, du manganèse, du zinc, du cobalt et du nickel.

Minéraux et minerais de zinc. Analyse des minerais blendeux plus ou moins complexes ; analyse des calamines.

Produits d'art. Analyse du zinc du commerce.

CADMIUM

Caractères des sels. Oxyde et sulfure. Dosage à l'état de sulfure. Séparation du cadmium et du zinc. Recherche et dosage dans les blendes.

URANIUM, VANADIUM

Notions sommaires sur les oxydes, les caractères des sels et les procédés de dosage. Recherche du vanadium dans les minerais de fer et les scories basiques.

ÉTAIN

Oxydes et sulfures, propriétés. Caractères des sels. 5^e Leçon.

Dosage ; précipitation à l'état de sulfure. Dosage volumétrique par l'iode. Séparation de l'étain du zinc, du nickel, de l'arsenic, de l'antimoine, du tungstène. Séparation de l'arsenic de l'antimoine et de l'étain (méthode de Ad. Carnot).

Minéraux et minerais. Essai et analyse d'un minerai riche, d'un minerai pauvre, méthode de Moissenet.

PLOMB

6^e et 7^e Leçons Oxydes et sulfures. Caractères des sels.

Dosage ; précipitation à l'état d'oxyde, de sulfure, de bioxyde. Précipitation électrolytique en liqueur nitrique. Séparation du plomb du baryum, de l'arsenic, de l'antimoine, de l'étain, du sélénium, du zinc, du nickel, du cadmium.

Minéraux et minerais. Analyse des minerais sulfurés, de la bournonite, de la pyromorphite.

Produits d'art ; analyse des litharges, des alliages de plomb, de la potée d'étain.

BISMUTH

8^e Leçon. Oxydes et sulfures. Nitrates. Caractères des sels.

Dosages à l'état d'oxyde, de phosphate, de chromate, d'oxychlorure, de sulfure. Séparation du bismuth de l'arsenic, du tellure, du fer, du zinc, du plomb.

Minéraux et produits d'art. Analyse des nitrates.

CUIVRE

9^e, 10^e et 11^e Leçons. Oxydes et sulfures ; propriétés. Alliages avec les métalloïdes. Caractères des sels.

Dosages ; précipitation à l'état de sulfure ; précipitation par le sulfocyanate, par l'hyposulfite ; précipitation électrolytique en liqueur sulfurique ou nitrique. Séparation du cuivre de l'arsenic, de l'antimoine, du plomb, du bismuth, du cadmium, du zinc. Dosage volumétrique et dosage colorimétrique.

Minéraux et minerais ; analyse de la chalcosine, d'un minerai pyriteux, d'un cuivre gris.

Produits d'art. Analyse des divers bronzes. Application de l'électrolyse à l'analyse des bronzes.

MERCURE

Oxydes ; sulfures. Caractères des sels.

Dosages ; précipitation par l'acide hypophosphoreux ; dosage à l'état de chlorure, de sulfure.

Minéraux, minerais et produits d'art. Analyse d'un cinabre. Essai par voie sèche d'Idria.

ARGENT

Propriétés. Oxydes ; sulfure ; chlorure. Propriétés. 12^e Leçon.
Caractères des sels d'argent.

Dosages : à l'état de chlorure, de sulfure. Dosage volumétrique par le procédé de Gay-Lussac. Séparation de l'argent du plomb, de l'antimoine, du cuivre.

Méthode de la coupellation.

Minéraux, minerais et produits d'art. Analyse d'un minerai d'argent.

OR

Propriétés. Oxydes, sulfures, chlorures, cyanures. 13^e Leçon.
Caractères des sels.

Dosages ; précipitation par le sulfate ferreux, l'acide oxalique, l'hydrogène sulfuré. Recherche et dosage colorimétrique de très petites quantités d'or. (Ad. Carnot.)

Séparation de l'or du plomb, du bismuth, de l'argent, du mercure.

Minéraux et produits d'art. Analyse du tellure ; analyse des alliages de cuivre, d'argent et d'or. Méthode de la coupellation et de l'inquartation.

PLATINE ET MÉTAUX DE LA MINE DE PLATINE

Propriétés. Caractères des sels de platine.

Dosages du platine : précipitation à l'état métallique, à l'état de sulfure, de chloroplatinate. Séparation du

platine du fer, du cuivre, de l'argent et de l'or. Notions sommaires sur les caractères des sels et les procédés de dosage des métaux rares de la mine de platine.

ESSAIS DES MINERAIS DE PLOMB, D'ARGENT, D'OR

14^e et 15^e
Leçons.

Généralités sur les méthodes d'essais. — Fourneaux de fusion, fours de coupelle, moufles, scorificatoires, creusets et coupelles. Flux oxydant et flux réducteur. Fondants. Fusion réductive ; fusion oxydante. Coupellation.

Minerais de plomb. — Essais des minerais oxydés, des minerais sulfurés (méthodes au creuset de terre et au creuset de fer), des minerais blendeux. Rendement.

Minerais d'argent. — Concentration de l'argent dans un plomb d'œuvre par fusion : minerais plumbeux, minerais pyriteux, minerais antimonieux.

Action du grillage préalable ; action du nitre.

Procédé de la scorification.

Procédé par voie humide pour les minerais complexes.

Coupellation des culots de plomb argentifère.

Minerais d'or. — Concentration de l'or dans un culot de plomb par fusion avec de la litharge. Minerais quartzeux et minerais pyriteux. Grillage préalable des minerais pyriteux.

Essai par voie humide par la méthode de Plattner.

Essai colorimétrique.

Coupellation des culots de plomb aurifère et séparation de l'or et de l'argent.

GÉOLOGIE

(1^{re} PARTIE)

(15 LEÇONS)

M. FRIEDEL, ingénieur des mines, Professeur.

Introduction. — But et division de la Géologie. 1^{re} Leçon.
 Notions d'*astronomie* au point de vue cosmogonique.
 Etoiles fixes, planètes, comètes, météorites. Constitution du soleil. La terre considérée comme astre.

Géodésie. — Forme, masse et température interne 2^e Leçon.
 de la terre. Hypothèses sur sa constitution interne.

Géographie physique générale. — Grandes lignes du 3^e Leçon.
 relief terrestre, fosses océaniques, socles continentaux.
 Théorie tétraédrique de L. Green.

Géodynamique externe. — Répartition de la chaleur 4^e Leçon.
 à la surface du globe ; climats, température des mers.

Action de l'atmosphère sur le relief du sol.

Action des eaux de la mer sur les côtes ; abrasion, dépôts littoraux.

Action des eaux courantes : Eaux souterraines ; nappes, 5^e Leçon.
 sources, puits artésiens, dissolution et altération des roches.

Eaux ruisselantes ; érosion, alluvions torrentielles et 6^e Leçon.
 fluviales, terrasses, deltas marins et lacustres.

Dépôts d'évaporation. Dépôts organiques, formations 7^e Leçon.
 coralligènes.

Phénomènes glaciaires.

- 8^e Leçon. *Géodynamique interne.* — Phénomènes volcaniques. Projections, laves, fumerolles. Description de quelques volcans ; volcans italiens, Islande, îles Sandwich, îles de la Sonde, Santorin.
- 9^e Leçon. Solfatares, geysers, salses, mofettes, eaux thermales d'origine volcanique. Répartition des volcans. Causes du volcanisme.
- 10^e Leçon. Tremblements de terre. Leur liaison avec les mouvements orogéniques de plissement ou d'effondrement. Ondulations du niveau relatif des continents et des océans. Cas des mers intérieures. Terrasses polaires et méditerranéennes. Causes de ces phénomènes.
- 11^e Leçon. *Pétrographie.* — Éléments constitutants des roches éruptives, caractères de ces éléments au microscope.
- 12^e Leçon. Structure et classification des roches. Description des principales espèces de roches, modes de gisement, aspect extérieur, constitution.
- 13^e Leçon. Suite du chapitre précédent.
- 14^e Leçon. Exemples du mode de gisement et de l'âge des diverses roches pris pour la plupart en France. Roches anciennes : Bretagne, Plateau Central, Vosges, Alpes.
- 15^e Leçon. Roches tertiaires et modernes : Auvergne, Velay, Provence, Italie, etc.
-

COURS DE 3^e ANNÉE

MÉTALLURGIE

(2^e PARTIE).

(24 LEÇONS)

M. BÈS DE BERC, ingénieur des mines, Professeur.

GÉNÉRALITÉS

Rappel des définitions des principales opérations métallurgiques. 1^{re} Leçon.

Importance du rôle des silicates en métallurgie.

Degré d'acidité.

Fusibilité ; maxima de fusibilité.

Propriétés des principaux silicates métalliques simples. Scories.

Propriétés des principaux silicates terreux. Laitiers.

Réglage de la fusibilité des laitiers et scories. Fondants.

Classification des minerais.

Détermination de la teneur moyenne d'un approvisionnement de minerai. Prises d'essai. Appareils américains pour prises d'essai rapides, automatiques, continues et discontinues.

GRILLAGE DES MINERAIS

Théorie chimique du grillage. Elimination du soufre. 2^e Leçon.

Elimination de l'arsenic et de l'antimoine ; du tellure et du selenium.

Grillage chlorurant.

Théorie calorifique du grillage. Cas où une source extérieure de chaleur est nécessaire ; exemple de la blende.

Divers modes de grillage ; classification des méthodes ; choix à faire entre les méthodes.

A. Grillage en tas.

Composition d'un tas de grillage. Marche et durée de l'opération.

Grillage en V (méthode Peters et Mac-Arthur).

B. Grillage en cases ou stalles.

Stalle simple.

Stalle avec cheminée.

Stalles de Wellner. Variantes.

C. Grillage en fours à cuve.

3^e Leçon.

Brûleurs à pyrites. Type d'Oker.

Kilns.

Four Stetefeldt, pour grillage chlorurant de minerai menu.

Fours à chicanes ; four Gerstenhöfer.

Fours à chicanes ; four Hasenclever-Helbig.

Fours à tablettes ; four Olivier-Perret.

Fours à tablettes ; four de Malétra.

D. Grillage en réverbères.

Classification des réverbères de grillage.

Réverbère normal à sole fixe, et à marche continue.

Réverbère à râblage mécanique. Four O'Harra ; four O'Harra-Brown-Allen.

Four Parkes.

Four Brown, dit four en fer à cheval.

Four Pearce.

Réverbères à sole mobile. — Four Brunton. Four 4^e Leçon.
Gibbs et Gelstharpe.

Réverbères à cylindre rotatif. — Type discontinu.
Four Brückner.

Réverbères à cylindre rotatif. — Types continus.
Fours White, Howell, Hocking-Oxland.

E. Grillage en fours à moufles.

Moufle d'Hasenclever.

Moufle d'Hasenclever et Helbig. Combinaison du
moufle et du réverbère. Inconvénients.

Moufle Eichhorn-Liebig. Variantes.

EMPLOI DES GAZ SULFUREUX PROVENANT DU GRILLAGE

Action nuisible de l'acide sulfureux ; divers procédés
proposés pour l'absorber ou le détruire.

MÉTALLURGIE DU PLOMB

Propriétés physiques du plomb.

5^e Leçon.

Propriétés chimiques du plomb.

Impuretés du plomb ; leur influence sur les pro-
priétés du métal.

Principaux composés du plomb. Oxydes.

Galène. Propriétés de la galène.

Sulfates et silicates. Leurs propriétés.

Phosphates, phosphures, arséniate, arséniures,
antimoniates, antimoniures. Leurs propriétés.

Minerais de plomb. Galène et minerais connexes.

Minerais oxydés du plomb.

Classification des méthodes de traitement pour mine-
rais sulfurés.

A. Méthode par grillage et réaction.

Théorie de la méthode. Minerais auxquels elle peut s'appliquer.

Grillage et réaction au réverbère. Procédé carinthien.

Grillage et réaction au réverbère. Procédé anglais.
Etudes de Percy.

Grillage et réaction au réverbère. Procédé de Tarnowitz.

Rappel sommaire de l'ancien procédé de Poullaouen.

Grillage et réaction au bas-foyer ; bas-foyer écossais ; divers types de bas-foyers américains ; bas-foyers de Rossie, du Missouri, de Moffet ou de Jumbo.

B. Méthode par grillage et réduction.

6^e Leçon.

Théorie de la méthode.

Grillage. — Grillage agglomérant, grillage scorifiant, grillage en poussière. Choix du four de grillage.

Fusion au four à cuve. — Réactions chimiques pendant la fusion.

Elimination des éléments étrangers, fer, zinc, cuivre, arsenic, antimoine.

Composition à donner aux scories de fusion.

Fours employés pour la fusion. — Règles généralement adoptées dans la construction des fours modernes.

Four Pilz de Freiberg.

Four du Harz inférieur.

Fours américains rectangulaires ; four du Globe Smelting Works.

Produits obtenus par la fusion. — Plomb d'œuvre. Scories.

Mattes ; exemples de composition.

Speiss ; leur traitement.

C. Méthode par précipitation.

Principe de la méthode. Réactions chimiques produites. 7^e Leçon.

Composition du lit de fusion. Teneur en fer du lit de fusion.

Fours employés. Four Kast, type de Clausthal. Four rectangulaire Raschette, de Lautenthal.

Marche des opérations ; composition des produits intermédiaires.

Combinaison de la méthode par précipitation avec la méthode par grillage de réduction.

Extraction du plomb de ses minerais oxydés.

PURIFICATION DU PLOMB D'ŒUVRE

Principales impuretés ; théorie de leur élimination.

Liquation des plombs à forte teneur en cuivre ; four de liquation de Freiberg.

Raffinage du plomb par fusion oxydante ; raffinage en chaudières ; raffinage en réverbères. Fours de raffinage de Przibram ; fours de raffinage américains. Abzugs et abstrichs.

Coulée et moulage du plomb raffiné.

Condensation des fumées plumbeuses. Chambres à fumées.

Production annuelle du plomb métallique dans les divers pays.

Formules d'achat de la tonne de minerai de plomb.

MÉTALLURGIE DU CUIVRE

Propriétés physiques du cuivre.

8^e Leçon.

Propriétés chimiques du cuivre.

Impuretés du cuivre ; leur influence sur les propriétés du métal.

Principaux composés du cuivre.

Minerais de cuivre.

Classification des méthodes de traitement.

A. TRAITEMENTS PAR VOIE SÈCHE

Principe du traitement des minerais sulfurés par voie sèche. Classification des procédés.

Choix à faire entre les divers procédés.

1^o Procédé allemand.

9^e Leçon. Méthode suivie dans le procédé allemand. Nombre de mattes intermédiaires.

Grillage.

Fusion au four à cuve. Composition du lit de fusion.

Fours de fusion ; classification de ces fours.

Four circulaire d'Oker, à avant-creuset.

Water-jacket circulaire, à œil.

Four rectangulaire d'Orford. Récipient pour séparer les mattes des scories.

Four ovale d'Herreshof.

Marche des opérations.

2^o Procédé anglais.

Méthode suivie dans le procédé anglais.

Fours de grillage employés.

Reverbères de fusion ; type Gallois ; type américain.

Marche d'une opération de fusion.

Ordre et conduite des opérations dans le procédé Gallois. Traitement des scories riches ; traitement des bottoms.

Combinaison du procédé anglais avec le procédé allemand.

3^o Procédé au convertisseur.

10^e Leçon. Principe du procédé au convertisseur. Conditions que doit remplir le convertisseur.

Convertisseur Manhès.

Convertisseur cylindrique horizontal de Manhès et David.

Convertisseurs américains.

Traitement des minerais oxydés de cuivre, et du cuivre natif.

EPURATION DU CUIVRE BRUT PAR VOIE SÈCHE

Principales impuretés; théorie de leur élimination.

Affinage et raffinage réunis au réverbère. Diverses phases de l'opération. Coulée et moulage.

B. TRAITEMENTS PAR VOIE HUMIDE

Principe des traitements par voie humide.

11^e Leçon.

1^o Minerais oxydés et carbonatés.

Dissolution du cuivre. Emploi de l'acide sulfurique.

Dissolution du cuivre. Emploi de l'acide chlorhydrique.

Dissolution du cuivre. Emploi du protochlorure de fer. Procédé Hunt et Douglas.

Dissolution du cuivre. Procédé Sterry Hunt.

Autres dissolvants essayés.

Précipitation du cuivre par le fer.

2^o Minerais tenant du sulfate de cuivre.

Lessivage, et précipitation du cuivre des eaux de lessive.

3^o Minerais sulfurés.

Transformation en sulfate de cuivre : par oxydation à l'air, par grillage lent (procédé de Rio Tinto); par grillage avec du sulfate ferrique, de l'azotate de fer, etc.

Transformation en oxyde de cuivre par grillage complet.

Transformation en sous-chlorure ou en chlorure de cuivre. Transformation par voie humide. Procédé Dötsch.

Transformation par voie sèche, par grillage chlorurant. Réactions chimiques pendant le grillage chlorurant. Fours employés pour le grillage.

Dissolution du cuivre après transformation du sulfure.

Précipitation du cuivre par le fer ou l'acide sulfhydrique (procédé Gibb).

Traitement du cuivre de ciment. — Purification par lavage, grillage et fusion. Raffinage.

C. TRAITEMENTS PAR VOIE ÉLECTROMÉTALLURGIQUE

12. Leçon. *Matières cuprifères auxquelles peuvent s'appliquer les modes de traitement.*

Procédé Siemens-Halske, pour le traitement des minerais.

Procédé Marchese, pour le traitement des mattes.

Traitement des cuivres noirs. — Conditions et marche de l'électrolyse. Elimination des impuretés.

Immobilisation du cuivre dans les bains d'électrolyse. Exemples.

Frais de traitement.

Procédé Elmore.

Formule d'achat pour minerais de cuivre.

Production annuelle du cuivre dans les divers pays.

MÉTALLURGIE DE L'ARGENT

Propriétés physiques de l'argent.

13^e Leçon.

Propriétés chimiques de l'argent.

Principaux composés de l'argent.

Minerais d'argent.

Classification des méthodes de traitement.

A. VOIE SÈCHE

Principe de l'emplombage.

Fusion au creuset pour argent natif et minerais à très haute teneur.

Imbibition pour minerais riches.

Liquation des cuivres noirs argentifères.

Fusion plumbeuse.

Nécessité d'enrichir le plomb d'œuvre avant la coupellation.

Pattinsonage.

Principe du pattinsonage. Coefficients d'enrichissement et d'appauvrissement.

Disposition des appareils en batterie. Marche des opérations. Travail à deux chaudières conjuguées. Grande durée des opérations.

Appareils de pattinsonage à bras. Chaudières.

Pattinsonage mécanique. Procédé Boudehen.

Pattinsonage à la vapeur. Procédé Luce Rozan.

Zingage.

Principe du zingage.

14^e Leçon.

Chaudières employées.

Marche d'une opération.

Ressuage du plomb de l'alliage ternaire.

Épuration du plomb désargenté.

Élimination du zinc de l'alliage ternaire. Procédé Flach.

Elimination du zinc de l'alliage ternaire. Coupellation directe de l'écume riche.

Elimination du zinc de l'alliage ternaire. Fusion de l'écume riche avec du chlorure de sodium.

Elimination du zinc de l'alliage ternaire. Décomposition de l'écume riche par la vapeur d'eau. Procédé Cordurié. Traitement des résidus par l'acide sulfurique (procédé de Lautenthal) ou par le carbonate d'ammoniaque (procédé Schnabel).

Elimination du zinc de l'alliage ternaire par distillation. Four de distillation Faber du Faur; four de Freiberg; four fixe à chauffage par le gaz.

Résultats économiques du zingage.

Combinaison du zingage avec le pattinsonage. Procédé de Freiberg.

Désargenterie par le zinc et l'aluminium. Procédé Rössler et Edelmann.

COUPELLATION

15^e Leçon. Principe de la coupellation.

Produits donnés par la coupellation. Abzugs. Abstrichs. Litharges.

Classification des fours de coupellation.

Four allemand. — Construction.

Marche d'une opération.

Durée d'une opération. Pertes.

Four anglais. — Type anglais; type américain.

Marche d'une opération.

Durée d'une opération. Pertes.

Revivification des litharges.

Affinage de l'argent d'éclair.

B. COMBINAISON DE LA VOIE SÈCHE AVEC LA VOIE HUMIDE

I. Dissolution des éléments autres que l'argent,
suivie d'une fusion plombreuse des résidus argentifères.

II. Procédés d'amalgamation.

Principe de l'amalgamation.

16^e Leçon.

Classification des procédés.

Procédé du cazo.

Procédé Kröncke.

Procédé du patio. Principe. Broyage du minerai.

Traitement sur le patio. Débourageage. Consommations
et pertes.

Procédé de Washoe. Pans de Wheeler et de Horn.
Settlers. Traitement des tailings.

Amalgamation après grillage chlorurant.

Principe du traitement. Grillage chlorurant.

Amalgamation saxonne.

Procédé de Reese-River. Pans.

Procédé Francke. Tinas.

Distillation de l'almagame d'argent.

Anciennes cloches de distillation.

Distillation en bouteilles verticales.

Distillation en cylindres horizontaux.

III. Extraction de l'argent par dissolution aqueuse et précipitation.

Classification des procédés.

Procédé Augustin.

Procédé Patera. Procédé Kiss.

Procédé Russel.

Procédé Ziervogel.

Production annuelle de l'argent dans les divers pays.

MÉTALLURGIE DE L'OR

17^e Leçon.

Propriétés physiques de l'or.
Propriétés chimiques de l'or.
Minerais d'or.
Classification des méthodes de traitement.

AMALGAMATION

Ancien procédé californien. Sluices.
Amalgamation en bocards. Frue vanners.
Moulins Huntington.
Traitement de l'amalgame d'or.

EXTRACTION DE L'OR PAR DISSOLUTION AQUEUSE

Emploi du procédé Patera-Russel.
Procédé Plattner ; attaque par le chlore.
Procédé Mac-Arthur Forrest, ou de la cyanuration.
Traitement des schlamms aurifères.
Procédé du Witwatersrand. Emploi de l'électrolyse.
Traitement des tellurures d'or.

SÉPARATION DE L'ARGENT ET DE L'OR CONTENUS DANS UN ALLIAGE

Classification des méthodes.
Procédé Miller ; attaque par le chlore.
Attaque par l'acide sulfurique concentré et bouillant.
Inquartation. Marche des opérations.
Emploi de l'électrolyse.

MÉTALLURGIE DU ZINC

18^e Leçon.

Propriétés physiques.
Propriétés chimiques.
Principaux composés du zinc.
Minerais de zinc.

Méthodes de traitement. Principe commun à toutes ces méthodes.

Calcination de la calamine. Fours à cuves. Reverbères.

Grillage de la blende. Fours employés.

Procédés de réduction employés. Choix à faire entre ces procédés. Rappel sommaire des anciens procédés anglais et carinthien.

PROCÉDÉ BELGE

Tubes. Dimensions. Fabrication.

Condenseurs. Etouffoirs.

Position des tubes dans le four. Devanture des fours.

Nombre des tubes. Classification des fours.

Fours belges, modernes, chauffés au gaz de gazogène.

Fours sans récupérateurs, type Dor.

Fours à air chaud, type Loizeau.

Emploi des empilages Siemens.

Chargement des tubes. Marche d'une opération. Pertes.

PROCÉDÉ SILÉSIE

Moufles. Dimensions. Fabrication.

19^e Leçon.

Condenseurs. Condenseurs de Kleemann, de Dagner.

Etouffoirs. Etouffoir de Steger.

Reverbères silésiens primitifs.

Fours belges, silésiens; fours à grille; fours à gazogène; fours westphaliens à moufles de petites dimensions.

Marche des opérations.

RAFFINAGE DU ZINC

Fours employés. Marche d'une opération de raffinage.

Procédé Wetherill pour la fabrication du blanc de zinc.

Production annuelle du zinc dans les divers pays.

MÉTALLURGIE DE L'ANTIMOINE

20^e Leçon.

Propriétés physiques de l'antimoine.

Propriétés chimiques de l'antimoine. Principaux composés.

Minerais d'antimoine.

A. *Extraction de l'antimoine cru (sulfure d'antimoine).*

Liquation des minerais sulfurés d'antimoine en creusets.

Liquation des minerais sulfurés d'antimoine en tubes verticaux.

B. *Extraction du régule d'antimoine de ses minerais.*

Classification des méthodes de traitement.

Méthode par grillage et réduction. Fours à cuves. Réverbères.

Méthode par fonte de précipitation. Raffinage de l'antimoine impur.

C. *Préparation du sesquioxyle d'antimoine pour couleurs.*

Grillage du minerai au reverbère ou au four à moufles.

Production annuelle de l'antimoine dans les divers pays.

MÉTALLURGIE DU MERCURE

21^e Leçon.

Propriétés physiques du mercure.

Propriétés chimiques du mercure.

Minerais de mercure.

Principe des méthodes de traitement.

GRILLAGE ET DISTILLATION DES MINÉRAIS

Fours à cuve, à foyer.

1° *Fours intermittents.* — Four de Bustamente ou d'Almaden, four d'Idria.

2° *Fours continus.* — Four d'Exeli, four Knox; four Hüttner et Scot; four à cascades d'Idria; four de Czermak, four Livermore.

Fours à reverbères, blindés.

Fours à cuve, sans foyer. Types d'Idria.

Fours à moufles. Ancien type d'Idria.

Purification du mercure. Filtration.

Traitement des suies mercurielles.

Production annuelle du mercure dans les divers pays.

MÉTALLURGIE DE L'ÉTAIN

Propriétés physiques de l'étain.

22° Leçon.

Propriétés chimiques de l'étain.

Principaux composés de l'étain. Principaux alliages.

Minerais d'étain.

Principe des méthodes de traitement.

Préparation mécanique des minerais d'étain. Séparation de la cassitérite et du wolfram. Procédé proposé par Oxland pour isoler chimiquement l'étain du tungstène.

Extraction de l'étain de la cassitérite. Purification de l'étain. Moulage.

Production annuelle de l'étain dans les divers pays.

MÉTALLURGIE DU NICKEL ET DU COBALT

Propriétés physiques du nickel et du cobalt.

23° Leçon.

Propriétés chimiques du nickel et du cobalt.

Principaux composés du nickel et du cobalt. Alliages du nickel. Emploi du cobalt dans la fabrication des couleurs.

Minerais de nickel et de cobalt. Speiss.

Traitement des minerais de nickel pour régule.

Traitement des speiss nickelifères et cobaltifères.

Production annuelle du nickel et du cobalt dans les divers pays.

MÉTALLURGIE DU PLATINE ET MÉTAUX CONNEXES

Métaux de la mine de platine. Leurs propriétés physiques et chimiques.

Extraction et séparation des métaux de la mine de platine.

Production annuelle du platine et métaux connexes.

MÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM

24^e Leçon.

Propriétés physiques de l'aluminium.

Propriétés chimiques de l'aluminium.

Principaux composés de l'aluminium.

Minerais d'aluminium.

Classification des méthodes de traitement.

A. Voie sèche.

Procédé Deville.

Procédé Grabau.

B. Voie électrométallurgique.

Procédé Cowles.

Procédé Héroult.

Procédé Minet. Procédé Hall.

Production annuelle de l'aluminium.

GÉOLOGIE

(2^e PARTIE)

(25 LEÇONS)

M. FRIEDEL, ingénieur des mines, Professeur.

PALÉONTOLOGIE ANIMALE

Notions sur la classification des êtres vivants. Données
sommaires sur les *vertébrés*. 1^{re} Leçon.

Annelés. — Trilobites, principaux genres.

Mollusques. — Céphalopodes : Bélemnites, Goniatites.

Suite des Céphalopodes : Ammonites ; formes triasi- 2^e Leçon.
ques, jurassiques, crétacées. Nautilus.

Gastropodes ; genres principaux. Lamellibranches, 3^e Leçon.
idem.

Brachiopodes ; genres principaux. Bryozoaires ; 4^e Leçon.
données succinctes. Echinodermes ; Crinoïdes, Oursins.

Hydrozoaires. — Graptolites. *Zoophytes* : Polypiers 5^e Leçon.
et spongiaires. *Protozoaires* : Floraminifères, Radio-
laires.

Stratigraphie. — Description des principales roches 6^e Leçon.
sédimentaires. Principes de l'étude stratigraphique.
Dispositions générales des grandes zones de plissement
et des principales discordances en Europe : zone calé-
donienne, zone hercynienne, zone alpine.

Terrains cristallins. — Roches constituant de la 7^e Leçon.
formation dite primitive, quelques mots sur les théories
relatives à leur genèse. Le primitif et le précambrien

en France : Bretagne, Plateau Central, Alpes. Notions sommaires sur les autres régions.

- 8^e Leçon. *Terrains fossilifères : Cambrien. Silurien.* — Subdivisions, caractères paléontologiques. Description des principaux gisements.
- 9^e Leçon. *Dévonien.*
- 10^e Leçon. *Carbonifère et Permien.* (La description des bassins houillers est remise à la fin du cours.)
- 11^e Leçon. *Trias.*
- 12^e Leçon. *Jurassique.*
- 13^e Leçon. *Crétacé.*
- 14^e Leçon. *Tertiaire.*
- 15^e Leçon. *Quaternaire.*
- 16^e Leçon. *Tectonique.* — Plissements et fractures. Exemples de plis ; différentes sortes de fractures : failles directes, failles inverses ou plis-failles, décrochements transversaux.
- 17^e Leçon. Structure générale des chaînes de montagnes. Les Alpes, le Jura, l'Ardenne.
- 18^e Leçon. Régions de plaines, ridements en avant des chaînes, leur coïncidence avec les plis anciens ; exemples du bassin de Paris, des morts-terrains du Nord. Champs de fractures.
- 19^e Leçon. *Gîtes minéraux.* — Bassins houillers. Description des principaux bassins français. Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Bassins de Saint-Etienne, du Gard, de Blanzky, de Commeny, etc.
- 20^e et 21^e Leçons. Suite du chapitre précédent. Théories sur la formation des bassins houillers. Gaz naturels et pétroles.

Types principaux de gisements métallifères : Filons, 22^e Leçon.
gites d'imprégnation, gites sédimentaires. Soufre,
pyrites. Gypse, phosphates, giobertite, bauxite, kaolin.

Fer, manganèse. 23^e Leçon.

Chrome, nickel, étain, antimoine. 24^e Leçon.

Cuivre, plomb, argent, zinc, mercure, platine, or. 25^e Leçon.

ÉLECTRICITÉ

(30 LEÇONS)

M. LIÉNARD, ingénieur des mines, Professeur.

1^{re} Leçon. *Préliminaires.* — Champs de force. Lignes de force, surfaces et tubes de force. Flux de force.

Champs de force solénoïdaux et champs de force lamellaires : définition et propriétés. Surfaces équipotentielles dans le cas d'une distribution lamellaire.

2^e Leçon. Théorème de la moyenne ou de Carl Neumann.

Un champ de force à la fois solénoïdal et lamellaire dans tout l'espace est identiquement nul.

Addition des champs de force. Surfaces de discontinuité ; cas particulier d'un champ solénoïdal et d'un champ lamellaire.

Application de la théorie des champs lamellaires à la gravitation universelle. Théorèmes de Gauss. Force à l'intérieur d'une masse agissante et sur une surface matérielle. Champ d'une couche sphérique et d'une couche plane homogènes.

Energie d'un système. Expressions diverses.

3^e Leçon. *Electricité statique.* — Historique sommaire : Electrification par frottement, phénomènes d'influence. Ecrans électriques. Définition de la charge électrique d'un corps. Principe de la conservation de l'électricité. Énoncé de la loi de Coulomb. Toute la charge d'un conducteur se trouve à sa surface. Valeur de la densité superficielle. Distribution d'équilibre sur un conducteur. Pouvoir des pointes. Capacité d'un conducteur.

Théorie de l'électrisation par influence et des écrans électriques. Condensateurs à lame d'air. Diverses formes de condensateurs, sphériques, cylindriques et plans. Groupement en série et en parallèle. Théorèmes de Riess. 4^e Leçon.

Electroscopes et électromètres. Electromètre absolu de lord Kelvin. Electromètre à quadrants.

Mode d'emploi de l'électromètre. Appareils industriels. 5^e Leçon.

Electricité dynamique. — **Notions fondamentales. Pile de Volta; courant électrique; piles chimiques et thermoélectriques. Variation du potentiel le long des parties métalliques d'un circuit traversé par un courant. Loi de Ohm. Actions électrolytiques du courant. Enoncé de la loi de Joule. Loi de Faraday pour les courants dérivés.**

Résistance d'un conducteur cylindrique. Densité de courant.

Courants dans les conducteurs à trois dimensions. Expériences de Kirchhoff et d'Adams. La chaleur dégagée par effet Joule dans un élément est proportionnelle à l'énergie qu'il contient. 6^e Leçon.

Variation du potentiel dans une partie d'un circuit comprenant des électrolytes. Force électromotrice.

Lois de Kirchhoff. Application aux courants dérivés. Cas des conducteurs à trois dimensions.

Relations entre les intensités de courant et les charges électriques. Puissance d'un courant. Etat variable du courant eu égard à la capacité des conducteurs.

Phénomènes thermoélectriques : Effet Peltier et effet Thomson. Transport électrique de la chaleur.

Théorie thermodynamique des piles thermoélectriques ou chimiques. Expériences de Favre et 7^e Leçon.

Silbermann. Loi de Magnus. Pouvoirs thermoélectriques, formules de Tait et Avenarius.

Application du principe de Carnot (cas d'un circuit à température uniforme).

Pile de Nobili, pyromètre Lechâtelier, radiomicromètre, pile Clamond.

Electrolyse, faits fondamentaux.

8^e Leçon. Lois de l'électrolyse. Conductivité électrolytique et conductivité métallique. Phénomène du transport des ions. Polarisation des électrodes, dépoliarisation. Electrolyse des mélanges. Capacité de polarisation.

Applications de l'électrolyse : raffinage du cuivre, fabrication de l'aluminium, des hypochlorites, du chlorate de potassium, de la soude.

Phénomènes électrocapillaires. Electromètre de Lippmann.

9^e Leçon. Description des piles. Piles de Volta, de Daniell, de Callaud, de Grove et de Bunsen, de Leclanché, de Delalande et Chaperon, de Grenet. Groupement des piles, rendement.

Piles secondaires ou accumulateurs. Accumulateurs Planté, Faure, etc. Accumulateur Commelin et Desmazes.

Forces électromotrices apparentes de contact. Théorie des machines électrostatiques.

10^e Leçon. *Magnétisme*. — Aimants naturels et artificiels. Action de la terre. Lois de Coulomb. Expérience de l'aimant brisé.

Propriétés fondamentales d'une particule aimantée. Moment magnétique. Expériences de Gauss. Champ magnétique terrestre. Mesure de son intensité et du moment d'une aiguille.

Intensité d'aimantation. Distribution fictive équiva-

lente à un aimant. La force magnétique à l'intérieur d'un aimant n'est pas déterminée. Force magnétique et induction magnétique. La force magnétique admet un potentiel et le flux d'induction à travers une surface fermée est nul.

Aimants cylindriques. Aimants fermés sur eux-mêmes. Force portante d'un aimant. 11^e Leçon.

Diverses expressions de l'énergie d'un système d'aimants. Feuillet magnétique. Force magnéto-motrice. Feuillet équivalents. Energie potentielle d'un feuillet. Expression de l'induction magnétique produite par un feuillet.

Aimants lamellaires.

Electromagnétisme et électrodynamique. — Enoncé de la loi de Laplace. Action d'un champ magnétique sur un élément de courant. Travail produit par le déplacement d'un courant fermé dans un champ magnétique. Equivalence d'un courant linéaire et d'un feuillet. Champ magnétique d'un courant. Remarques sur la loi de Laplace et le paradoxe d'Ampère. L'action d'un champ magnétique sur un élément de courant est appliquée à l'élément. 12^e Leçon.

Potentiel non uniforme d'un courant linéaire. Champ magnétique d'un courant dans un conducteur à trois dimensions. La force magnétique est bien déterminée même à l'intérieur du conducteur.

Etude des champs produits par un courant circulaire, une bobine cylindrique ou annulaire, un conducteur cylindrique indéfini.

Action des courants les uns sur les autres. Principe de l'unité de force magnétique. Potentiel d'un système comprenant des aimants et des courants.

13^e Leçon. Remarques sur la question précédente. Coefficients d'induction mutuelle et de self-induction de deux circuits.

Aimantation par influence.

Corps magnétiques et diamagnétiques. Perméabilité, magnétisme rémanent, hystérisis. Perte de travail par hystérisis. Formule de Steinmetz.

Détermination du champ produit par des aimants permanents ou des courants en présence de corps parfaitement doux. Théorie du circuit magnétique. Réductance. Réfraction des lignes de force et d'induction.

14^e Leçon. Théorie de l'aimantation induite. Démonstration de la règle d'évaluation de la perte d'énergie par hystérisis. Cas où le champ est produit en partie par des courants; application du principe de la conservation de l'énergie. Remarques sur la distinction entre l'énergie du système et le potentiel des forces qu'il développe. Diverses expressions de ces quantités.

Phénomènes d'induction. Loi de Lenz. Loi générale du phénomène. Extinction d'un courant dans un circuit. Mesure des flux d'induction par les phénomènes d'induction.

Définition des coefficients de self-induction dans le cas où les conducteurs sont dans le voisinage de corps magnétiques.

La distribution des forces électromotrices induites est indéterminée. Règle du flux coupé.

15^e Leçon. Courants induits dans les conducteurs à trois dimensions, dits courants de Foucault. Applications et inconvénients. Sectionnement des noyaux des armatures dans les dynamos.

Compléments d'électrostatique. — Pouvoir inducteur spécifique. Polarisation des diélectriques. Théorie de Maxwell. Déplacement et courants de déplacement.

Capacité d'un condensateur à lame quelconque. Charge résiduelle des condensateurs. Forme usuelle des condensateurs.

Unités électriques. — Vitesse caractéristique. Systèmes électrostatiques et électromagnétiques. Passage d'un système à un autre. Unités pratiques.

Mesures électriques. — Etalons de résistance, de force électromotrice, de capacité. Mesure des intensités de courants. Boussole des tangentes, galvanomètres, galvanomètres balistiques et apériodiques. Ampèremètres, électrodynamomètres. Mesure des différences de potentiel et des forces électromotrices, voltmètres. 16^e Leçon.

Mesure des résistances. Pont de Wheatstone, ohmmètres. Wattmètres. Compteurs d'énergie. Mesure des capacités. Mesures magnétiques : perméabilité, hystérésis. 17^e Leçon.

Machines dynamo-électriques. — Généralités. Système inducteur et système induit. Dynamo élémentaire. Redressement du courant. Suppression des courants de Foucault dans le noyau d'armature.

Dynamos à courant continu. — Anneau Gramme. Collecteur. Courbe de potentiel au collecteur. Enroulement en tambour. Différents modes de connexions terminales : enroulements ondulés et imbriqués. 18^e Leçon.

Induits multipolaires en anneau et en tambour. Enroulements en parallèle et en série.

Force électromotrice développée dans une dynamo. Réaction d'induit. Torsion du champ. Ampères tours inverses et ampères tours transversaux. Etincelles aux balais. Calage des balais. Comparaison de l'anneau et du tambour. 19^e Leçon.

Détails de construction de l'induit. Noyau d'armature, bobinage, collecteur, balais. Suppression des courants de Foucault dans les barres d'induit : dispositif Brown.

20^e Leçon. Machines à induit ouvert : machine Brush et machine Thomson Houston.

Système inducteur. Dispositions adoptées pour les machines bipolaires et les machines multipolaires. Calcul des ampères tours inducteurs.

Différents genres d'excitation. Excitation indépendante. Caractéristiques.

21^e Leçon. Excitation en série. Excitation en dérivation ou machines Shunt. Stabilité de marche. Machines compound et surcompoundées. Emploi des différents types.

Amorçage, puissance, rendement et couplage des machines dynamos.

Moteurs à courants continus. — Généralités ; couple moteurs développé :

22^e Leçon. Caractéristiques mécaniques des moteurs suivant le mode d'excitation. Emploi des moteurs. Variations de vitesse et de sens du mouvement.

Généralités sur les courants alternatifs. — Fonctions sinusoïdales : phase, fréquence et pulsation. Modes de représentation des fonctions sinusoïdales au moyen de vecteurs et par les imaginaires. Propriétés fondamentales.

Généralisation des lois de Kirchhoff dans le cas des courants alternatifs. Inductance, réactance et impédance d'un conducteur. Influence d'un condensateur en série ou en dérivation.

23^e Leçon. Décharge continue ou oscillante d'un condensateur. Etouffement des harmoniques supérieures.

Valeurs efficaces des fonctions périodiques.

Courant watté et courant déwatté. Facteur de puissance. Utilité de l'emploi des condensateurs. Condensateurs polariseurs. Localisation des courants alternatifs à la surface des conducteurs.

Mesures relatives aux courants alternatifs. Emploi du voltmètre électrostatique et du wattmètre. Facteur de correction. Mesure des puissances par la méthode des trois voltmètres.

Généralités sur les alternateurs. — Induits en anneau et en tambour.

Induits polaires. Anneaux plats. Induits à disque. 24^e Leçon.
Inducteurs dits unipolaires. Alternateurs à fer tournant.

Courants polyphasés. Montage étoilé ou polygonal. Alternateurs à courants polyphasés. Dynamo omnibus.

Réaction d'induit dans les alternateurs. Influence du courant déwatté.

Force électromotrice d'un alternateur. Courbes des forces électromotrices et des intensités de courants. 25^e Leçon.
Oscillographes.

Excitation du champ, rendement.

Moteurs synchrones. — Etude graphique du fonctionnement. Variations de charge et d'excitation. Courbe en V. Application à la marche comme générateur. Caractéristiques des alternateurs. Théorie du couplage des alternateurs.

Conditions pratiques du couplage. Démarrage et excitation des moteurs synchrones. Cas des courants polyphasés. 26^e Leçon.

Moteurs asynchrones ou moteurs d'induction. — Principe des champs tournants. Mode de production pratique. Self-induction cyclique d'un enroulement de champ tournant.

Théorie des moteurs asynchrones. Couple moteur.

Réaction d'induit. Définition de l'induction cyclique mutuelle de l'inducteur et de l'induit. Variation du 27^e Leçon.

couple moteur avec la résistance de l'induit. Démarrage. Induits en cage d'écureuil. Fonctionnement comme générateur.

Moteurs monophasés asynchrones. Théorie. Artifices de démarrage. Marche à vitesse réduite des moteurs asynchrones.

Transformateurs. — Généralités. Marche à vide.

28^e Leçon.

Marche à secondaire fermé. Analogie avec les moteurs d'induction. Cas d'un circuit secondaire inductif. Différents types de transformateurs.

Transformateurs à courants polyphasés. Rendement. Limite de puissance. Bobine de Ruhmkorff.

Transformation d'un courant alternatif simple en courant diphasé et d'un diphasé en triphasé (système Scott).

Cas général de transformation. Transformateurs rotatifs ; convertisseurs.

29^e Leçon.

Systèmes de distribution à deux ou plusieurs fils. — Cas des courants alternatifs. Perte de voltage sur la ligne.

Canalisations aériennes et souterraines. Appareils de sûreté ; parafoudres.

30^e Leçon.

Eclairage électrique. Lampes à incandescence et lampes à arc. Rendement lumineux, détails de construction.

Applications de l'électricité à la traction. Réglage de la vitesse. Différents systèmes de prise de courant. Emploi des accumulateurs.

CHEMINS DE FER

(15 LEÇONS)

M. LIÉNARD, ingénieur des mines, Professeur.

Introduction. Division du cours.

1^{re} Leçon.

Etude du matériel roulant. Différences essentielles entre les véhicules de chemins de fer et ceux employés sur les routes.

Détails de construction : roues, bandages.

Théorie du roulement des véhicules. Résistance à la jante et à la fusée. Essieux, fusées. Graissage, boîtes à graisse.

2^e Leçon.

Suspension élastique. Théorie des ressorts. Ressorts à lames étagées. Divers modes de suspension des véhicules.

3^e Leçon.

Châssis. Plaques de garde. Attelage des véhicules.

Tampons de choc. Voitures à bogies; dispositions particulières.

4^e Leçon.

Détails très sommaires sur les caisses des véhicules.

Matériel de traction. Principes sur lesquels est basée la construction du matériel de traction. Adhérence.

Equation fondamentale de la locomotive. Poids adhérent.

Patinage. Contre-vapeur dans les locomotives.

Calcul des cylindres d'une locomotive. Comparaison des machines à grande vitesse et des machines à marchandises. Roues libres, roues accouplées. Diamètres des roues, essieux porteurs.

5^e Leçon. Répartition des charges sur les essieux. Balanciers compensateurs.

Dispositions permettant le passage en courbe. Plans inclinés. Boîtes radiales. Bissel. Bogies. Dispositions du châssis, des cylindres; bielles d'accouplement.

Mouvements parasites d'une locomotive.

6^e Leçon. La locomotive considérée comme moteur à vapeur. Chaudière, boîte à feu, foyer, faisceau tubulaire, boîte à fumée. Echappement. Alimentation. Prise de vapeur. Distribution. Locomotives compound.

Tender. Attelage du tender et de la locomotive. Machines tenders.

Traction des trains. Résistance de l'ensemble d'un train. Influence des pentes et des courbes; pente fictive.

7^e Leçon. Influence de la résistance de l'air et du vent. Mesure des résistances. Résultats expérimentaux.

Freins. Mode d'action. Effet nuisible du calage des roues. Détails de construction : sabots, timonerie. Commande des freins à main. Freins continus : frein à vide et frein Westinghouse.

8^e Leçon. Nombre de véhicules freinés à mettre dans un train.

Etude de la voie. Description de la superstructure des voies. Conditions qu'elle doit remplir. Types principaux de rails : rail à patin, rail à double champignon.

Traverses en bois et traverses métalliques.

Fixation des rails sur les traverses : crampons, tire-fonds, coussinets. Voies sur longrines. Joints des rails, éclissage.

9^e Leçon. Poids et durée des rails et de leurs attaches.
Pose de la voie. Ballast.

Organisation d'un chantier de pose. Entretien des voies.

Points particuliers : changements de déclivité. Dévers en courbes, raccordement des courbes. Croisements obliques et traversées normales.

Changements de voie. Aiguillages, leur manœuvre. 10^e Leçon.
Traversées - jonctions. Plaques tournantes, chariots, taquets.

Infrastructure : conditions qui guident dans le choix de la largeur de la voie et la détermination de la rampe et de la courbure maxima.

Principes généraux à suivre dans l'étude du tracé d'une voie ferrée.

Considérations particulières : largeur de la plateforme; 11^e Leçon.
compensation des remblais et des déblais. Nature géologique des terrains. Position des ouvrages d'art. Traversées des faîtes, des vallées, des routes et des chemins. Emplacement des gares.

Exécution des travaux. Terrassements.

Protection des talus contre les causes de destruction. Revêtements, dispositifs pour favoriser l'écoulement des eaux.

Ouvrages divers. Ponts (de faible portée seulement).

Passages à niveau. Barrières, clôtures. Viaducs et 12^e Leçon.
souterrains ; divers modes de percement. Protection des lignes contre la neige.

Dispositions des voies dans les stations à voyageurs; leurs liaisons avec les voies des lignes y aboutissant.

Gares de bifurcation, gares terminus. 13^e Leçon.

Gares à marchandises. Voies principales et voies accessoires. Leur liaison. Quais de déchargement et halles à marchandises. Exemples de dispositions.

Gares de bifurcation et gares de triage. Exécution des manœuvres à la machine ou par la gravité.

Installations accessoires des gares : remises et rotondes. Ravitaillement des locomotives en eau et en combustible.

Signaux. Différentes catégories de signaux. Signaux placés à demeure sur la voie.

14^e Leçon. Commande des signaux à distance. Compensateurs de dilatation.

Enclenchements. Principe et réalisation des enclenchements : systèmes Viguier et Saxby.

15^e Leçon. Exploitation technique. Notions succinctes sur la marche des trains. Trains réguliers, facultatifs et spéciaux. Graphiques de marche. Cantonnement. Exploitation par voie unique.

Exploitation commerciale.

Système de l'exploitation directe par l'Etat et régime des concessions. Tarifs. Divers modes d'établissement des tarifs : tarifs à la distance (système belge, tarif par zones) et tarifs à prix ferme.

Importance d'une bonne fixation des tarifs tant pour les exploitants que pour l'industrie des régions desservies.

LÉGISLATION DES MINES et ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

(15 LEÇONS)

M. BÈS DE BERC, ingénieur des mines, Professeur.

GÉNÉRALITÉS

Notions sommaires sur le droit constitutionnel français. Constitution de 1875. Pouvoir législatif. Pouvoir exécutif. Lois. Promulgation des lois. 1^{re} Leçon.

Notions sommaires sur le droit administratif. Actes de puissance publique et actes de gestion. Agents directs et agents indirects.

Président de la République. Décrets.

Ministres. Arrêtés ministériels. Circulaires ministérielles.

Conseil d'Etat. Organisation. Sections.

Autorités départementales. Préfet. Conseil de préfecture. Conseil général. Commission départementale.

Sous-préfet. Conseil d'arrondissement. Cantons.

Autorités communales. Maires. Conseil municipal.

Autorité judiciaire. — Principes généraux. 2^e Leçon.

Juge de paix.

Tribunaux de 1^{re} instance. Cours d'appel.

Tribunaux de commerce. Conseils de prud'hommes.

Crimes, délits, contraventions. Juridictions compétentes. Cour d'assises.

Cour de cassation.

Juridiction administrative. — Diverses sortes de recours.

Conseil de préfecture fonctionnant comme tribunal administratif.

Conseil d'Etat au Contentieux.

Tribunal des conflits.

PRINCIPALES NOTIONS DE DROIT PRIVÉ

3^e Leçon. Classification des biens en meubles et immeubles.
Res communes. Res nullius Dépendances du domaine public.

Usufruit. Servitudes.

Conventions. Preuves. Actes authentiques et actes sous-seing privé. Contrat de vente. Contrat de louage.

Privilèges. Hypothèques.

Prescription trentenaire.

EXPROPRIATION POUR CAUSE D'UTILITÉ PUBLIQUE.

Organismes pouvant provoquer l'expropriation.

Déclaration d'utilité publique.

Exécution de l'expropriation. Indemnité. Jury.

Travaux publics. Travaux publics mixtes, dans la zone frontière.

DES SOCIÉTÉS

4^e Leçon. Définition des actes de commerce. Sociétés civiles, Sociétés commerciales, Sociétés civiles à forme commerciale.

Sociétés civiles.

Sociétés commerciales antérieures à la loi du 24 juillet 1867. Sociétés en nom collectif, Sociétés en commandite, Sociétés anonymes.

Régime imposé aux Sociétés commerciales par la loi du 24 juillet 1867, modifiée et complétée par la loi du 1^{er} août 1893.

Application aux Sociétés civiles des formalités de la loi du 24 juillet 1867 et de la loi du 1^{er} août 1893.

LÉGISLATION DES MINES

Nécessité d'une législation spéciale pour les mines.

5^e Leçon.

Divers systèmes de régime légal de la propriété minière. Accession. Domanialité. Système de la *res nullius* ; droit de première occupation, droit régalien

Nécessité d'une classification légale des substances minérales.

Étapes successives de la législation des mines en France. Lois, ordonnances et décrets aujourd'hui en vigueur.

Classification légale des substances minérales. Art. 2, 3, 4, de la loi du 21 avril 1810.

RECHERCHES DE MINES

Articles 10 et 11 de la loi du 21 avril 1810.

6^e Leçon.

Droit de fouille du propriétaire du sol en terrain non concédé.

Droit de fouille donné par le gouvernement en terrain non concédé.

Recherches illicites.

Droit de recherche de substances non concédées en terrain concédé pour une autre substance. Art. 12 de la loi du 21 avril 1810.

Disposition du produit des recherches.

INSTITUTION DES CONCESSIONS DE MINES

Articles 5, 6, 7, 8, 16, 17, 22 à 30, 42, de la loi de 1810. Droit régalien du gouvernement pour le choix du concessionnaire.

Formalités à remplir pour demander une concession.

Enquête sur la demande en concession.

Oppositions et demandes en concurrence. Oppositions tardives.

l'forme et teneur de l'acte de concession. Cahier des charges.

7^e Leçon. Recours contre l'acte de concession.

Interprétation éventuelle de l'acte de concession.

Indemnité d'inventeur. Articles 16 et 17 de la loi du 21 avril 1810.

Indemnité d'explorateur évincé. Article 46 de la loi du 21 avril 1810. Article 4 de la loi du 28 Pluviôse an VIII, sur la compétence des Conseils de préfecture.

Bornage des concessions.

LOIS RÉGLEMENTANT A L'ÉTRANGER LE DROIT DE RECHERCHES ET L'INSTITUTION DES CONCESSIONS DE MINES

Recherches de mines.

Choix du concessionnaire.

Limitation de l'étendue de la concession.

CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA PROPRIÉTÉ DES MINES

8^e Leçon. La mine est immeuble, ses produits sont meubles.

Définition des droits conférés au concessionnaire par l'acte de concession.

Caractère civil de la propriété des mines.

Contrats auxquels peut donner lieu la propriété de la mine. Vente. Amodiation. Usufruit. Privilèges et hypothèques.

Des sociétés de mines. Caractère juridique des sociétés de mines.

Renonciation d'un concessionnaire à sa concession.

Partage d'une concession.

Réunion de concessions de mines de même nature.

RELATIONS ENTRE L'EXPLOITANT DE MINE
ET LES TIERS

Redevances tréfoncières. Redevances fixes. Redevances proportionnelles. 9^e Leçon.

Servitudes établies par l'art. 11 de la loi du 21 avril 1810.

Caution établie par l'art. 15 de la loi du 21 avril 1810.

Occupation de terrains par l'exploitant, en vertu de l'art. 43 de la loi du 21 avril 1810.

Occupations de terrains prévues par l'art. 44. Expropriation.

Classification des chemins de fer employés au service des mines. Chemins de fer industriels, chemins de fer miniers, chemins de fer privés.

Mines situées dans la zone frontière et donnant lieu à des travaux mixtes.

Dommages occasionnés par l'exploitant ou l'explo- 10^e Leçon.
rateur.

Relations entre mines voisines et superposées. Cahier des charges.

Loi du 27 avril 1838 sur les inondations.

REDEVANCES DES MINES ENVERS L'ETAT

Règles générales sur l'assiette et le recouvrement des contributions directes en France.

Réclamations et procédure.

Redevance des mines envers l'Etat. Redevance fixe de l'art. 34 de la loi du 21 avril 1810.

Redevance proportionnelle. Principe de l'assiette de cette redevance. Exposé sommaire des règles servant à établir les dépenses d'exploitation. Procédure et réclamations.

Abonnements.

**SURVEILLANCE EXERCÉE SUR LES MINES
PAR L'ADMINISTRATION**

- 11^e Leçon.** Nature et principe de cette surveillance. Sanctions. Intervention de l'administration au point de vue économique; art. 49 de la loi du 21 avril 1810.
Retrait d'une concession de mines. Examen des quatre cas prévus par la loi. Procédure du retrait de concession.

POLICE DES MINES

Règles générales de la police des mines. Obligations inscrites au Cahier des charges.

Intervention de l'Administration pour la protection de la surface. Cas particulier de la protection des chemins de fer.

Sécurité du personnel. Formalités et déclarations en cas d'accidents. Mesures de sauvetage.

Délégués à la sécurité des ouvriers mineurs. Loi du 8 juillet 1890.

- 12^e Leçon.** Transformation des anciennes concessions, antérieures à la loi de 1810.

Mines de sel. Loi du 17 juin 1840. Règlement d'administration publique du 7 mars 1841.

MINES DE FER ET MINIÈRES

Commentaire des articles 2 et 3 de la loi du 21 avril 1810. Article 70 de la loi. Gisements devant être considérés comme minières.

Police des minières.

CARRIÈRES

Carrières à ciel ouvert. Police administrative de ces carrières.

Carrières souterraines.

Carrières abandonnées.

Caractères juridiques de la propriété des carrières.
Patente.

Relations du propriétaire de la carrière avec les propriétaires des carrières voisines, les propriétaires des terrains limitrophes ; relations entre une mine et une carrière superposées.

Investissements imposés aux carrières pour la conservation des voies publiques voisines.

Tourbières.

Des pénalités réprimant les délits relatifs aux mines, minières et carrières. Prescription.

EAUX MINÉRALES

Règles de droit commun ; lois et règlements en 13^e Leçon.
vigueur.

Autorisation. Déclaration d'utilité publique.

Périmètre de protection.

Règles d'exploitation. Surveillance. Sanctions.

ÉTABLISSEMENTS INSALUBRES, DANGEREUX ET INCOMMUNES

Définition de ces établissements. Répartition en trois classes.

Autorisation. Recours.

Obligations imposées à l'exploitant. Surveillance administrative, sanctions et pénalités.

Industries spéciales : gaz d'éclairage, pétrole et hydrocarbures, poudres à feu dites fulminantes ; explosifs monopolisés.

Explosifs non monopolisés. — Nitroglycérine. Dynamites.

Fabrication. Vente. Dépôts d'explosifs. Transport des explosifs. Achat et emploi des explosifs. Sanctions légales.

DES LOIS SOCIALES

14^e Leçon. Loi du 12 juin 1893, sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs des établissements industriels.

Lois sur le travail des femmes et des enfants : lois du 22 mars 1841, du 19 mai 1874, et du 22 novembre 1892.

Décrets portant règlements d'administration publique. Personnel protégé. Etablissements visés.

Durée du travail du personnel protégé. Surveillance : inspecteurs du travail.

Sanctions des lois et règlements sur le travail des femmes et des enfants.

Dispositions spéciales aux mines, minières et carrières.

Lois complétant le contrat de travail. Article 1780 du code civil. Loi du 27 décembre 1890. Loi du 9 septembre 1848, et décrets la complétant. Loi du 12 janvier 1875 sur la saisie des salaires.

Différends privés sur les salaires.

Tribunal des prud'hommes. Organisation et fonctionnement. Compétence.

Différends collectifs entre patron et ouvriers. Grèves. Articles 414 et 415 du Code pénal, modifiés par la loi du 25 mai 1864. Loi du 27 décembre 1892 sur la conciliation et l'arbitrage. Rôle du juge de paix.

Syndicats professionnels. Loi du 21 mars 1884.

Responsabilité du patron envers ses ouvriers et employés en cas d'accident. Responsabilité pénale. Responsabilité civile délictuelle.

MESURES DE PRÉVOYANCE

Différents risques à prévoir.

15^e Leçon.

Sociétés de secours mutuel.

Sociétés d'assurance en général. Caisses publiques d'assurance contre les décès et contre les accidents.

Caisse nationale de retraite pour la vieillesse.

Caisses privées. Institutions patronales ; caisses fonctionnant par retenue sur les salaires. Loi du 27 décembre 1895.

RÈGLES SPÉCIALES SUR LES INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE
DANS L'INDUSTRIE DES MINES

Décret du 3 juin 1813, et circulaire ministérielle du 31 janvier 1883.

Lois du 29 juin 1894, 16 juillet 1896 ; décrets les complétant. Retraites pour la vieillesse.

Sociétés de secours en cas de maladie, alimentées à la fois par l'exploitant et par retenue sur les salaires. Nomination du premier Conseil d'administration. Autorisation des statuts. Ressources de la Société. Nature et quotité des secours. Nomination des Conseils d'administration. Cas de dissolution.

COMPTABILITÉ

(6 LEÇONS)

M. GRAND'EURY, correspondant de l'Institut, Professeur.

1^{re} Leçon. Nécessité d'expliquer les opérations avant de montrer comment on en passe écriture, et d'indiquer le but de la comptabilité industrielle avant d'en décrire les livres et le mécanisme.

Notions et définitions diverses. Lois de l'échange, rôle de la monnaie. Change sur place, change d'une place sur une autre, origine de la lettre de change.

Délai de crédit, papiers de crédit : lettre de change, billet à ordre, leur mobilisation sous forme de papier-monnaie. Mandat ou papier de recouvrement, chèque ou papier de paiement. Crédit mobilier.

2^e Leçon. Association des personnes et des capitaux, envisagée :

1^o Au point de vue de l'actionnaire et de l'obligataire ;

2^o En elle-même. Formes de Société ;

Comptabilité et frais de Société ; ceux-ci sont à prendre sur les bénéfices.

3^o Au point de vue industriel.

Formes que prennent les capitaux engagés. Capitaux immobilisés, fonds de roulement.

Premier établissement pour une production donnée. Cas où on peut l'augmenter et où on le doit amortir. Les travaux neufs, destinés à maintenir la production, doivent être passés en dépense et figurer au prix de revient.

Définition des bénéfices. Inventaire des capitaux engagés, règles à suivre. Amortissement des capitaux dépréciables.

But de la comptabilité industrielle :

1° Statistique donnant le mouvement des capitaux et des recettes et dépenses.

2° Prix de revient analytique ; subdivision en chapitres et éléments de dépenses ; 3° Leçon.

3° Etats synthétiques de bilan et de pertes et profits.

TENUE DES LIVRES

Livres exigés par la Loi. Journal et Grand-Livre.

Méthode et système de comptabilité, appropriés au but à atteindre par les écritures.

Méthode en partie simple, but et moyen. Applications. Grand-Livre. Solde.

Méthode en partie double. Personnification des capitaux. Comptes généraux et particuliers. Comptes de valeur et de production.

Inventaire. Compte de capital. Ouverture de la comptabilité. 4° Leçon.

Opérations diverses inscrites et libellées au Journal. Report au Grand-Livre, vérification de ce dernier.

Solde des comptes ouverts. Vérification du solde. L'état double des soldes débiteurs et créditeurs forme respectivement l'actif et le passif du bilan.

Balance des comptes par bilan, du compte de marchandises générales par bilan et pertes et profits. Balance de sortie et balance d'entrée. Les opérations de balance sont inutiles, il suffit de reporter les soldes à ouveau. 5° Leçon.

PRINCIPES D'APPLICATION DE LA COMPTABILITÉ

Séparation des comptes de production et des comptes de capitaux. Création de comptes collectifs. Conglomération des opérations de même nature répétées, qu'on ne passe au journal qu'une fois par jour, ou même, dans la grande industrie, qu'une fois par mois.

ORGANISATION D'UNE COMPTABILITÉ INDUSTRIELLE

6^e Leçon. On dresse d'abord le bilan, l'état de pertes et profits et le prix de revient que l'on veut obtenir. Création de comptes correspondants aux divisions des deux premiers états, et classement des écritures pour dresser le troisième.

Comptes de valeurs, de dépenses, de services. Comptes mixtes de matières premières, de matériel, de produits fabriqués. Comptes particuliers collectifs de main-d'œuvre, de fournisseurs, d'acheteurs.

Trois degrés d'écritures :

1^o Ecritures analytiques relatives à la main-d'œuvre, aux fournitures, au magasin d'approvisionnement, aux ventes. Les cadres de ces écritures sont conformes aux divisions du prix de revient.

2^o Comptabilité auxiliaire comprenant la tenue du Journal Grand-Livre, du Grand-Livre collectif des fournisseurs, du Grand-Livre des acheteurs.

3^o Comptabilité centrale proprement dite où le nombre des articles est réduit au jeu mensuel des comptes figurant au bilan et à pertes et profits.

Graphique représentant l'importance et la centralisation des différentes écritures de la comptabilité des mines du Bassin de la Loire.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE

(6 LEÇONS)

M. GRAND'EURY, correspondant de l'Institut, Professeur.

Utilité des plantes fossiles pour la détermination des formations terrestres, et pour les recherches du charbon. 1^{re} Leçon.

Désintégration, décomposition et conservation des débris de plantes fossiles : des feuilles et écorces à l'état de houille; du bois le plus souvent à l'état de fusain; des tissus les plus altérables à l'état de charbon amorphe, formant la matière fondamentale de la houille que stratifient les feuilles, écorces, fusain. Analogie de composition avec la tourbe sous-aquatique. Le mur des couches de houille a d'ailleurs souvent l'aspect d'une argile de fond de marais. Conditions de formation de la houille, expliquant pourquoi il y en a peu dans les dépôts en eau profonde et point dans les dépôts marins.

Tiges dressées, souches et racines en place : de Cordaïtes, de Syringodendrons, de Psaronius, de Calamites, de Stigmaria. Forêts fossiles dans le terrain productif, impliquant l'affaissement de l'aire de dépôt pendant la formation des bassins houillers du Plateau central. 2^e Leçon.

Périodes et époques de végétation fossile.

Classification des végétaux. Les plantes houillères appartiennent à des familles et genres disparus.

Description d'une espèce de chaque type de ces plantes.

3^e Leçon. Division de la période paléophytique.

Flore dévonienne ou pré-carbonifère.

Flore du culm, du terrain houiller moyen, du terrain houiller supérieur. Apogée de la végétation primitive principalement formée de Cryptogames vasculaires.

Flore permienne ou post-carbonifère.

4^e Leçon. Déclin de la végétation. Extinction complète des types houillers.

Importance croissante des Gymnospermes.

Flores fossiles du grès bigarré, du Keuper.

Flore rhétienne. Apogée de la végétation mésophytique.

5^e Leçon. Flores du lias, du jurassique moyen et supérieur.

Nouveau déclin de la végétation.

Puis, au début de la période crétacée, avènement rapide des Angiospermes aussitôt prépondérants et tels qu'ils sont aujourd'hui représentés.

Flore crétacée composée principalement d'arbres à feuilles persistantes des pays chauds.

6^e Leçon. Flores tertiaires, ordre de développement des grands groupes de plantes dicotylédones et monocotylédones : Apétalées, Polypétalées, etc. ; Amentacées, Laurinées, etc.

Flores de l'éocène, de l'oligocène avec accroissement d'arbres à feuilles caduques, du miocène à

l'apogée de la végétation européenne, du pliocène où l'on remarque l'absence des arbres de pays chauds. Flore quaternaire.

Effets de la période glaciaire sur la végétation européenne.

Considérations générales touchant le climat à travers les temps géologiques; la répartition des combustibles fossiles dans les différents étages, etc.

Extraits des Publications étrangères.

ÉTAT ACTUEL, DANS LE SUD DE LA RUSSIE,

DE LA

FABRICATION DE LA FONTE SPIEGEL ET DU FERRO-MANGANÈSE

Conditions auxquelles

elle doit satisfaire en vue de son futur développement.

(Traduit du russe (rapport de l'ingénieur ZEIDLER),

Par M. PIERRONNE fils,

Sous-chef de service des hauts-fourneaux de la Société de Briansk (Russie).

Les gisements de minerais de manganèse qu'exploite actuellement l'industrie minière du Sud, et dont elle pourra également se servir à l'avenir, sont au nombre de deux : le gisement de Nicopol et celui du Caucase.

I.

Les gisements de minerais de manganèse de Nicopol sont situés à l'Ouest de cette ville. Le minerai y est déposé en couches entièrement régulières, horizontales, appartenant au système tertiaire ; quoique la quantité de minerais n'ait pas été calculée exactement, elle est néanmoins énorme.

La couche est formée de concrétions de grains, de morceaux plus riches en manganèse, et d'un minerai terreux, plus pauvre, appelé suie, qui est situé au centre. De là la nécessité du triage, du criblage ou lavage du minerai qui, après l'opération, donne 30 à 40 p. % de minerai riche pouvant être vendu ; la suie ne trouvant pas d'application, est rejetée.

Le minerai non enrichi, c'est-à-dire sortant de la mine, offre à l'aspect 30 à 35 p. % de manganèse ; après enrichissement, il présente la composition suivante :

Minerai trié à la main,	{	Mn	42-46 p. %
2 ^e classe de minerai lavé,		SiO ²	15 %
		Fe	2-5 %
		Ph	0,2-0,3

1 ^{re} classe de minerai lavé.	{	Mn	50-51 p. %.
		SiO ²	8 %.
		Ph	0,25 %.

Le rejet, en quantité énorme de 60 à 70 p. %, contient de 25 à 30 p. % de manganèse.

Le côté faible du minerai de Nicopol réside dans sa petite teneur en manganèse, laquelle comparativement est beaucoup moindre que celle du minerai du Caucase ; dans la perte, par le lavage, de la presque totalité du minerai terreux, augmentant, par ce fait, de 2,5 à 3 fois plus, les frais d'extraction ; enfin, dans une teneur comparativement plus élevée en phosphore. A tout cela, il faut joindre l'absence de voies de communication, forçant les exploitants à transporter par chariots le minerai à Nicopol ; de là, par eau, dans des barques, jusqu'à la ville d'Alexandrofsk. De ce transport à un prix élevé, et du double déchargement résulte dans le bassin du Donetz un prix très cher atteignant maintenant 22-24 copecks par poud de minerai à 42 p. % de manganèse (il n'y a pas longtemps encore, 27-28) ; et près de 30 copecks par poud de minerai à 50 p. % de manganèse.

En 1897, on a livré 3.330.000 pouds de minerai enrichi.

II.

Les gisements de minerai de manganèse du Caucase sont traversés par l'embranchement de Tchiatoura du chemin de fer du Caucase.

La couche de minerai, de formation crétacée, a une épaisseur de 1 sagène, avec un découvert tout le long de la vallée de la rivière Kvirila ; elle est exploitée par places, par des tranchées étroites et, en général, très négligemment. Le minerai contient Mn 55 p. %, Ph 0,1 à 0,15 %.

Cette pureté relativement plus grande, une teneur plus élevée en Mn, la puissance de la couche, la proximité d'un port font de ces minerais une matière précieuse à exporter et propre à la transformation en ferro-manganèse pur et riche ; aussi s'explique-t-on qu'ils font avec succès concurrence aux minerais de manganèse de Nicopol du bassin du Donetz. Les facteurs qui entravent le développement de leur exploitation sont : le tarif élevé de l'embranchement de Tchiatoura, le peu de clarté des droits des propriétaires au Caucase, et

les moyens très primitifs de transport des mines aux stations de chemin de fer. La division de tout le gisement en un grand nombre de petits lots sur lesquels les droits des propriétaires sont très douteux, présente de grandes difficultés pour la formation de Compagnies qui mèneraient les travaux de mines plus régulièrement, à meilleur marché, avec plus d'ordre.

Le coût de ce minerai se décompose comme suit :

Prix de vente à Tchiatoura.....	0 ^r 07
Transport par l'embranchement de Tchiatoura, 1/2 copeck et frais de station.....	0 11
Chargement à Tchiatoura, déchargement et chargement à Chorapani.....	0 0075
Transport par le chemin de fer Transcaucasien jusque Poti.....	0 0225
Déchargement à Poti et chargement sur bateaux..	0 01
Taxe du port de Poti.....	0 0050
Frais maritimes jusque Marioupol.....	0 01
Taxe du port de Marioupol.....	0 0050
Assurance 1/4 % de la valeur.....	0 0075
Perte de route 2/5 %.....	0 0075

On arrive ainsi aux prix suivants :

	Copecks.
Coût à Marioupol.....	28 50
Coût à Poti.....	23 00
Coût dans le bassin du Donetz.....	34 50

L'exportation des minerais de manganèse de Poti a été :

	Roubles.
En 1896 de 8.842.000 pouds pour une somme de	2.438.000
En 1897 de 11.441.000 pouds pour une somme de	2.847.000

Après avoir examiné les gisements de minerais de manganèse ayant, au sud de la Russie, une importance réelle pour son industrie métallurgique, en particulier pour celle du spiegel et du ferro-manganèse, je vais exposer en détail l'état actuel de cette branche de l'industrie en expliquant les causes de son lent développement et en donnant les moyens de les éloigner.

Je commencerai par les données statistiques, ne m'occupant ni de l'Oural, où la fabrication des fontes manganésées

est limitée à l'usine de Nignetaguilski (10.000-20.000 pouds par an), ni de quelques usines de Pologne qui font périodiquement pour leur propre usage de petites quantités de fonte spiegel à faible teneur.

Jusqu'à ce jour le Sud de la Russie seul a fabriqué ce produit en quantités plus ou moins considérables dans les usines Alexandre, Dniéprovienne et Nouvelle-Russie. Les deux premières usines, consommant principalement les minerais de Nicopol, fabriquent cette fonte surtout pour les besoins de leur propre industrie de l'acier ; ensemble, elles ont produit annuellement 600.000 à 1.000.000 pouds de fonte spiegel à 10-20 % de manganèse.

A l'usine de la Société de la Nouvelle-Russie, dont le petit haut-fourneau n° 7 donne toujours une fonte contenant 18-22 % de manganèse et du ferro-manganèse à 40-80 % de manganèse, la production a été :

	Ferro-manganèse.		Spiegel.		Total.
En 1893 de	158.741 pouds	0	pouds	150.741 pouds	
En 1894 de	254.306 »	0	»	254.306 »	
En 1895 de	266.648 »	323.648	»	590.296 »	
En 1896 de	237.730 »	450.882	»	680.612 »	
En 1897 de	132.809 »	690.239	»	823.048 »	

On suppose que, en 1898, on fabriquera en tout 1.200.000 pouds.

Maintenant que nous connaissons la quantité de spiegel et de ferro-manganèse fabriquée en Russie, portons notre attention sur les chiffres d'importation de ces produits, et essayons d'établir la quantité totale nécessaire à l'industrie de l'acier. A ce sujet, remarquons que les chiffres statistiques d'importation sont relatifs au ferro-manganèse seul contenant 20-80 % de manganèse, produit qui paie une taxe douanière de 50 copecks par poud. Les fontes d'une teneur inférieure, de 10-20 % de manganèse seulement, entrent en Russie comme fontes ordinaires et sont taxées en douane à 45 copecks le poud. En se basant sur les données statistiques, on ne peut donc pas fixer exactement le chiffre d'importation de ces produits, puisqu'ils sont compris dans le chiffre général d'importation des fontes ; mais il peut l'être approximativement par la détermination de la quantité d'acier fabriqué.

On a importé en Russie du ferro-manganèse d'une teneur de 20-80 0/0 de manganèse :

En 1894.....	567.280 pouds,
En 1895.....	618.000 »
En 1896.....	706.000 »
En 1897.....	1.036.000 »

En se basant sur cette dernière quantité, on peut estimer que la Russie a besoin annuellement de 4.000.000 pouds de ferro-manganèse riche. La consommation de spiegel pauvre est équivalente à 8-10 % de la quantité d'acier coulé qu'on y fabrique; or, en 1897, on y a produit 24.000.000 pouds d'acier; à 10 % nous aurons donc 2.400.000 pouds de spiegel.

Partant, le besoin général en fonte spiegel et ferro-manganèse se traduit par 3.400.000 pouds dont 2.200.000 pouds sont fabriqués en Russie, et 1.200.000 pouds y sont importés.

Pour expliquer plus exactement le faible développement qu'a pris cette fabrication dans ce pays, passons en revue le coût de ces produits fabriqués dans le Donetz, en prenant les prix actuels du marché.

(1) Fabrication du spiegel à 20 % de Mn avec les minerais de Nicopol, comme étant les meilleur marché, suffisamment bons pour faire des fontes pauvres en manganèse:

Quantités nécessaires pour 1 poud de fonte.	Coke $1,6 \times 15,00$ copecks..	24 00	copecks
	Mineraide manganèse 30/42 ou $0,75 \times 24$	18 00	—
	Minerai de Krivoi-Rog 80/60 ou $1,33 \times 15,00$..	19 95	—
	Fondant $0,5 \times 2,00$	1 00	—
	Main-d'œuvre, frais d'ad- ministration, réparations des fours.....	10 00	—
		73 95	

(2) Fabrication de ferro-manganèse à 50 % de manganèse avec les minerais du Caucase, plus riches en manganèse, plus pauvres en phosphore et, par cela même, plus propres pour les alliages riches en manganèse.

Quantités nécessaires pour 1 poud de ferro- manganèse.	Coke $2,00 \times 15$	30 00	copecks
	Minerai de manganèse 80/50 ou $1,6 \times 31,5$	50 40	—
	Minerai de fer 45×60 ou $0,75 \times 15$	11 25	—
	Fondant $0,5 \times 2,00$	1 00	—
	Main-d'œuvre, frais d'ad- ministration, réparations des fours.....	12 50	—
		<u>105 15</u>	—

(3) Fabrication de ferro-manganèse à 80 % de manganèse avec les minerais du Caucase.

Coke $2,50 \times 15$	37, 50	copecks
Minerai de manganèse 160/50 ou $32 \times 31,50$	100 80	—
Fondant $0,5 \times 2$	1 »	—
Main-d'œuvre, frais d'administration et réparations du four.....	15 »	—
	<u>154 30</u>	—

Les prix de vente de ces produits dans le sud de la Russie sont :

	ferro-manganèse à 20 %.	ferro-manganèse à 80 %.
En 1895.....	1 14	2 37
1896.....	1 20	2 51
1897.....	1 10	2 20

En comparant le prix coûtant avec le prix de vente. on peut conclure que le Midi de la Russie peut parfaitement produire la quantité de spiegel qui lui est nécessaire et, qu'avec les prix actuels, cette fabrication est avantageuse.

Nous allons énumérer les raisons qui en ont empêché le développement en proportions suffisantes pour pouvoir éviter l'importation des produits étrangers.

(1) La fabrication de ces produits exige des hauts-fourneaux spécialement construits dans ce but. Comme il est nécessaire que la fusion s'y opère avec un vent soufflé très chaud, on ne peut, pour le chauffage des appareils Cowper, se servir des gaz obtenus parce qu'ils sont chargés de vapeur, et d'oxyde de manganèse. On doit alors recourir, soit aux

gaz des autres fourneaux, soit à un autre gaz combustible, ou à des constructions spéciales très coûteuses pour purifier le gaz.

(2) La fabrication du spiegel et du ferro-manganèse présente beaucoup de difficultés; la maçonnerie du fourneau demande rapidement de fréquentes réparations à cause de la haute température qui y règne (les gaz s'en échappent à la température de 600-700°); pour ces raisons, elle demande des connaissances spéciales que tous les chefs de fourneaux ne possèdent pas.

Le rendement en est considérablement moindre comparativement à celui que donne la marche en fonte ordinaire.

On ne peut faire trop longtemps des fontes riches en manganèse; de temps en temps, on doit passer des fontes moins riches. Ainsi, par exemple, un fourneau construit pour une production journalière de 9.000 pouds de fonte ordinaire peut donner :

5.000 pouds de fonte manganésée à 10 % de manganèse.

3.500	—	20	—
3.500	—	40	—
3.000	—	50	—
2.500	—	65	—
2.000	—	80	—

En même temps que cette diminution de rendement, égale à trois fois, pareillement augmentent les frais généraux et une partie de la main-d'œuvre. En conséquence, pour que la fabrication soit aussi avantageuse que celle de la fonte ordinaire, il faut que les profits de la vente soient triples. Un fourneau peut produire par an près de 300.000 pouds de ferro-manganèse à 50-80 % et près de 700.000 pouds de fonte spiegel à 10-20 %, soit en tout près de 1.000.000 pouds.

(3) Le besoin qu'a la Russie de spiegel et de ferro-manganèse est limité (en tout près de 3.400.000 pouds); de sorte que 4 ou 5 fourneaux, dont 3 ou 4 seraient en marche, 1 et 2 en réparation, pourraient satisfaire à la consommation de ce produit pour toute la Russie. La crainte de la concurrence, d'une surproduction et d'un abaissement rapide du prix, ont retenu les capitalistes dans leurs vues de cons-

truire des usines spéciales. Les grandes usines métallurgiques, plus intéressées à produire beaucoup de fonte ordinaire (à cause du manque chronique de cette matière dans ces dernières années) ont apporté peu d'attention à la fabrication plus difficile des produits spéciaux.

(4) Les prix plus élevés des minerais de manganèse qui se sont maintenus encore jusqu'à ces derniers temps, ont considérablement diminué le profit calculé de ces entreprises.

Ayant ainsi montré les causes du développement insuffisant actuel de la production du ferro-manganèse, je dirai quelques mots sur ce qu'on peut en attendre dans l'avenir et des mesures à prendre pour le favoriser. Il faut remarquer qu'en outre de l'unique fourneau de la Société de la Nouvelle Russie, lequel produit de la fonte spiegel, on construit en ce moment deux autres fourneaux pour la production des fontes manganésées : l'un, près de la station Almaznaïa, à l'usine de la Société minière d'Almaznaïa ; l'autre, à l'usine de la Société Donetsk-Sourefsk ; de sorte que l'on est pleinement fondé de supposer qu'à l'avenir la Russie pourra satisfaire à tous ses besoins sans être obligée d'avoir recours aux produits de l'étranger.

Il est quand même désirable, pour bien établir la nouvelle industrie qui naît en ce moment, pour qu'elle fonctionne dans de plus larges conditions, pour qu'elle puisse assurer un débouché à ses produits et aborder, en cas de surproduction, les marchés étrangers et aussi diminuer le prix de la fonte dans le sud de la Russie où le minerai de manganèse coûtant très cher, élève de 2 et 3 copecks le prix de la fonte transformée, il est désirable, dis-je, d'avoir le minerai à meilleur marché. On peut arriver à l'obtenir par les moyens suivants :

I. — En construisant un chemin de fer partant des gisements de minerais de Nicopol jusqu'à Ekaterinoslaw. Par ce moyen on pourrait augmenter le rendement des mines, construire des lavoirs pour l'enrichissement du minerai (une seule mine actuellement possède un lavoir, les autres font le triage à la main). La baisse générale du prix du minerai s'exprimerait alors par 5-7 copecks au poud, et le prix du poud de minerai enrichi à 45 p. % de manganèse deviendrait dans le bassin du Donetz :

Location.....	3	»	copecks
Extraction 2, 5 × 2.....	5	»	—
Lavage.....	3	»	—
Tarif, environ.....	4	»	—
Bénéfice des exploitants....	3	»	—
	18	»	

Cette baisse de prix serait obtenue : par une diminution de 4 — 5,5 copecks sur les prix de transports ; par l'application des moyens mécaniques d'enrichissement donnant un meilleur rendement de minerai, et, par cela même, une diminution du coût de l'extraction. Le prix du spiegel diminuerait de 4,20 copecks, et celui du ferro-manganèse à 80 p. % de manganèse de 19,20 copecks.

II. — Par la diminution du tarif sur l'embranchement de Tchiatoura, du chemin de fer transcaucasien, à 1/24 copeck au lieu de 1/4 copeck par poud et par verste ; et par la suppression de 1/2 copeck de taxe sur le minerai importé dans les ports de la mer Noire pour la consommation intérieure, laissant le tarif élevé antérieur affecté au minerai transporté à l'étranger.

III. — Par la suppression des taxes des ports de Poti et de Marioupol sur le minerai expédié dans le bassin du Donetz pour les besoins extérieurs.

Les mesures II et III auraient comme suite immédiate un triple avantage : 1° l'industrie métallurgique du Sud de la Russie aurait la possibilité d'employer les minerais de manganèse purs et plus riches du Caucase, et en plus grandes quantités que jusqu'à présent, pour fabriquer un ferro-manganèse à haute teneur ; 2° le prix du minerai diminuerait de 8,75 copecks par poud ; 3° et le minerai à 50 p. % coûterait à Marioupol environ 20 copecks, et dans le bassin du Donetz, près de 23 copecks le poud. Le prix du spiegel diminuerait de 6,12 copecks ; celui du ferro-manganèse à 80 p. % de Mn de 28,10 copecks. En laissant l'ancien tarif et la taxe des ports sur le minerai exporté à l'étranger, le chemin de fer de l'Etat toucherait comme auparavant un revenu considérable de l'embranchement de Tchiatoura.

Véritablement, cette mesure est tout à fait raisonnable. En effet, il n'est nullement nécessaire de diminuer le prix

du minerai de manganèse aux acheteurs étrangers, puisque, sur le marché du monde, le minerai du Caucase, par ses qualités supérieures, n'a pas de concurrents.

Le troisième avantage provient d'un prix bien plus avantageux, dans le bassin du Donetz, du ferro-manganèse comparativement aux prix de ce produit en Angleterre et en Allemagne, prix qui restent les mêmes; de sorte qu'on pourra arriver à expulser les produits étrangers du marché russe, et aussi à développer la fabrication du ferro-manganèse dans le bassin du Donetz, dans des proportions considérables, en vue de fournir au marché international du ferro-manganèse russe moins cher. Ce serait assurément une exploitation plus rationnelle, au point de vue de l'Etat, des richesses naturelles du pays dont la situation actuelle est anormale. On exporte, en effet, à l'étranger, le minerai brut; il en revient transformé avec un prix dix fois plus fort.

Le Sud de la Russie possède toutes les ressources naturelles pour fabriquer lui-même du ferro-manganèse et alimenter économiquement le marché international, ce qui découle du calcul suivant, comparatif entre le coût du ferro-manganèse à 80 p. % de manganèse coulé en Angleterre avec du minerai russe, et le ferro-manganèse fabriqué à Marioupol, puis transporté en Angleterre :

	Ferro-manganèse anglais	Ferro-manganèse russe
Consommation de coke,		
2 5 × 10	25 » copecks	2 5 × 15 » 37 50
Consommation de minerai		
3 2 × 23	73 60	3 2 × 19 75 63 20
Transport du minerai de manganèse en Angleterre 3 2 × 10	32 »	
Consommation de castine	1 »	1 »
Frais généraux, main-d'œuvre	15 »	15 »
Transport du ferro-manganèse en Angleterre		12 »
	146 60	128 70

La différence, au profit du ferro-manganèse russe, serait en Angleterre de près de 18 copecks le poud; une pareille

différence rend complètement possible l'exportation du ferro-manganèse russe en Angleterre et en Allemagne. Cette possibilité paraîtra encore plus évidente si nous considérons que le minerai de manganèse de la Russie fait la richesse de l'industrie de l'Angleterre, des Etats-Unis et de l'Allemagne, et que celle de la Russie en dépend. Actuellement, ces trois Etats reçoivent environ 200.000 tonnes de minerais de manganèse de Russie, et d'autres pays : du Chili, de l'Espagne et de la France, environ 160.000 tonnes de minerais à 40-50 p. % de Mn ; 60 % de toute cette quantité provient de la Russie. Ces chiffres parlent d'eux-mêmes.

Pour finir, je dirai que la réalisation des deux mesures propres au développement, dans le Sud de la Russie, de la fabrication du ferro-manganèse est désirable ; premièrement, parce que l'industrie métallurgique a besoin tant du premier minerai que du second : du minerai de Nicopol comme moins cher pour les mélanges dans les lits de fusion en fonte ordinaire et pour la production de fontes spiegel à petite teneur de manganèse ; et du minerai du Caucase plus pur pour faire du ferro-manganèse à haute teneur, destiné à ses besoins intérieurs et à l'exportation. Après la réalisation de ces deux mesures, la proportion du prix d'un minerai à l'autre restera la même.

	Minerai de Nicopol	Minerai du Caucase
Coût 1 %, Mn dans le bassin du Donetz actuellement...	0 57 copecks	0 63 copecks
Coût 1 % Mn après les mesures I et II réalisées.....	0 43 —	0 46 —

D'après cela, le minerai de Nicopol aura exclusivement pour rayon de vente les usines du Dnieper, et la plus grande partie du bassin du Donetz ; celui du Caucase, au contraire, aura le rayon exclusif des usines de la mer d'Azoff et une partie du bassin du Donetz. L'un et l'autre auront, comme auparavant, la possibilité d'être exportés ; le développement d'un bassin au préjudice de l'autre ne peut donc avoir lieu.

R. ZEIDLER,
Ingénieur des Mines.

Après la lecture de ce rapport, à la session du 5 novembre 1898, le Congrès décide, en l'approuvant, de faire les requêtes nécessaires. Pour cela, le passage du rapport où il est traité de la nécessité de réduire quelques tarifs pour le transport du manganèse du Caucase (paragraphe II et III) est transmis à la Commission des tarifs du Congrès. Après le rapport du 7 novembre de cette dernière, le Congrès décide : de présenter une requête pour obtenir un tarif uniforme sur le transport du minerai de manganèse par l'embranchement de Tchiatoura, chemin de fer trans-caucasien, de 1/45 copeck par poud et par verste, et conservant les conditions existantes pour l'exportation des minerais de manganèse en mettant une taxe d'exportation égale à la diminution du tarif et même plus haute. En même temps le Congrès se met d'accord avec la Commission pour conserver la taxe des ports de 1/2 copeck sur le minerai exporté du port de Poti sans égard à sa destination ; parce que cette taxe contribue directement au développement du port lui-même par l'amélioration des constructions affectées à l'exportation du minerai.

*Le Secrétaire du XXIII^e Congrès des industriels
du Sud de la Russie,*

STOPINSKY.

Nous nous permettrons d'ajouter quelques mots à ce rapport.

Tout ce que dit M. Zeidler est parfaitement exact ; il est en effet vraiment regrettable que les industriels russes ou les capitalistes étrangers qui cherchent des affaires en Russie, n'aient pas encore songé sérieusement à y installer une usine pour la fabrication du ferro-manganèse.

M. Zeidler dit qu'à sa connaissance deux usines, celles de Almajnaia et de Donetz Sourefka, ont l'intention d'entreprendre cette fabrication. Or, nous croyons savoir que la première construit, en effet, des hauts-fourneaux, mais que, abandonnant pour le moment ses premières intentions, elle va produire de la fonte ordinaire, qui manque absolument sur le marché et, à notre avis, manquera pour longtemps encore ; que la seconde usine, Donetz Sourefka, ne construit pas non plus de fourneau à manganèse. La situation reste donc toujours la même avec les seules usines des frères

Hughes et Briansk fabriquant seulement pour leurs besoins particuliers, et de temps en temps, du spiegel et du ferro-manganèse.

Nous savons qu'un groupe de capitalistes français et belges ont l'intention de racheter les gisements de minerais de manganèse des environs de Nicopol. La Société ainsi formée vendrait du minerai lavé et construirait à Alexandrofsk des fourneaux à manganèse. Malheureusement, cette combinaison n'est encore qu'à l'état de projet, elle ne peut remplir les conditions étudiées dans ce rapport pour la vente du ferro-manganèse à l'étranger.

Nous admettons parfaitement la possibilité de construire des fourneaux à Poti; on éviterait ainsi le transport par mer du minerai et, par conséquent, de sérieuses pertes pendant les chargements et déchargements; on n'aurait à amener que le coke, qui ne paie pas de taxes de port, croyons-nous.

Nous apprenons également que le tarif de l'embranchement de Tchiatoura vient d'être diminué de 3 copecks par poud.

Une usine pourrait alimenter de spiegel et de ferro les établissements de Kertch, de Taganrog, de Marioupol, et en outre expédier ces produits très avantageusement à l'étranger.

On trouvera toujours suffisamment d'eau à Poti pour l'alimentation des chaudières de deux petits hauts-fourneaux. Il suffit de citer l'exemple de la Société de Briansk: elle n'a pas craint de créer à Kertch une usine complète dans laquelle l'eau de mer jouera le principal rôle, puisqu'on ne trouve l'eau douce que dans quelques puits forcés sur le terrain de l'usine.

Les gisements de minerais de fer explorés au Caucase jusqu'à ce jour montrent l'existence de richesses suffisantes pour l'alimentation de fourneaux à manganèse.

Cette solution, de construire des fourneaux à Poti, mérite de fixer l'attention des ingénieurs et des capitalistes. Elle mérite d'être étudiée longuement et sérieusement.

Nous ajouterons encore pour finir que les meilleurs gisements du district de Tchiatoura viennent d'être achetés par la Société française des mines de Doubovaia-Balka.

PIERRONNE.

DESCRIPTION DES MINES DE CHARBON

APPARTENANT

A LA SOCIÉTÉ DES USINES DE BRIANSK

Traduit du russe par M. PIERRONNE fils.

NOTE EXPLICATIVE SUR CETTE TRADUCTION

Pour l'exposition de Nidjni-Novgorod, en 1896, la Société de Briansk fit établir par ses ingénieurs une description complète de ses usines. Tous ces rapports ont été réunis en un seul livre dont nous avons traduit les passages les plus intéressants. Nous voulons aujourd'hui présenter la description des mines de la Société telle qu'elle était il y a deux ans. Depuis lors tous les travaux préparatoires décrits sont terminés et la mine est en pleine exploitation productive. Un lavoir à charbon fonctionne depuis quelques mois et bientôt 100 fours fourniront du coke aux usines d'Ekaterinoslaw (60 marchent depuis plus d'un an).

Nous espérons que les ingénieurs français liront avec intérêt la description raisonnée du prix de revient d'un poud de charbon. Nous estimons que ce prix de revient est très sérieusement établi et que véritablement c'est sur ce chiffre que l'on devrait presque tabler pour créer de *Grandes* entreprises minières en Russie.

Le terrain houiller, acheté en 1893 par la Société des usines de Briansk, est situé dans l'arrondissement de Slaviansk, du gouvernement d'Ekaterinoslaw. Il est composé de trois propriétés adjacentes achetées aux propriétaires Cheirrmann, Savenko et Kardovsky, occupant ensemble une superficie de 1.613 déciatines. La propriété renferme une suite de couches de charbon connues dans

le bassin du Donetz, déjà exploitées depuis plusieurs années dans les mines voisines où elles ont obtenu une célébrité parfaitement méritée par la haute qualité du charbon de la plupart des couches.

Les roches minières composant cette suite de couches sont des pierres calcaires, des grès, des schistes argileux et calcaires. L'épaisseur totale de ces roches, en comptant de la couche la plus inférieure de charbon jusqu'à la plus haute suivant une ligne normale à la ligne d'inclinaison des couches, est de 253, 53 sagènes. Les couches se trouvant dans l'étage inférieur appartiennent au genre des charbons gras, se collant fortement en donnant du coke. Leur rendement est de 75 p. % d'un coke compact métallurgique (III^e groupe d'après Gruner.) Quant aux charbons des couches supérieures, leur agglomération est plus faible; ils forment la transition avec le groupe des charbons à flammes. La coupe géologique faite d'après les travaux de recherches de 1893-95, en prenant la suite dans l'ordre ascendant, commençant par la couche inférieure de charbon, a donné :

	Sagènes.
1. Schistes argileux.	
2. Couche de charbon « Tolstoï » épaisseur	0 58
3. Schistes argileux..	— 0 50
4. Pierre calcaire.....	— 0 70
5. Schistes gréseux.....	— 3 70
6. Grès	— 1 40
7. Schistes argileux.....	— 0 20
8. Couche de charbon « Almaznaïa »....	— 0 38
9. Schistes argileux.....	— 1 40
10. Grès	— 0 85
11. Schistes calcaires.....	— 0 27
12. Nerf de charbon.....	— 0 13
13. Schistes argileux.....	— 3 45
14. Grès	— 2 15
15. Schistes argileux.....	— 0 55
16. Couche de charbon « Dvoïnik ».....	— 0 60
17. Schistes argileux.....	— 0 75
18. Grès	— 2 70
19. Schistes argileux...	— 0 60
20. Nerf de charbon.....	— 0 03
21. Schistes argileux.....	— 1 70
22. Nerf de charbon.....	— 0 03

23. Schistes argileux.....	épaisse
24. Nerf de charbon.....	—
25. Schistes argileux.....	—
26. Couche de charbon « Orlovsky ».....	—
27. Schistes argileux.....	—
28. Pierre calcaire.....	—
29. Schistes argileux.....	—
30. Grès.....	—
31. Schistes argileux.....	—
32. Pierre calcaire.....	—
33. Schiste calcaire.....	—
34. Grès.....	—
35. Schistes argileux.....	—
36. Couche de charbon « Nadorlovsky »..	—
37. Schistes argileux.....	—
38. Pierre calcaire.....	—
39. Grès... ..	—
40. Nerf de charbon.....	—
41. Schistes argileux.....	—
42. Grès.....	—
43. Schistes argileux.....	—
44. Couche de charbon « Atamansky »....	—
45. Schistes calcaires.....	—
46. Grès.....	—
47. Nerf de charbon.....	—
48. Schistes argileux.....	—
49. Pierre calcaire.....	—
50. Schiste argileux.....	—
51. Grès.....	—
52. Schistes argileux.....	—
53. Couche de charbon « Vélican ».....	—
54. Schistes calcaires.....	—
55. Grès.....	—
56. Nerf de charbon.....	—
57. Schistes calcaires.....	—
58. Nerf de charbon.....	—
59. Schistes argileux.....	—
60. Pierre calcaire.....	—
61. Schiste argileux.....	—
62. Nerf de pierres calcaires.....	—
63. Schiste argileux.....	—
64. Schistes calcaires.....	—
65. Schistes calcaires.....	—

66. Nerf de charbon.....	épaisseur 0 04
67. Schiste argileux.....	— 0 60
68. Schistes calcaires.....	— 3 46
69. Pierres calcaires.....	— 1 32
70. Nerf de charbon.....	— 0 08
71. Schistes calcaires.....	— 0 22
72. Pierres calcaires.....	— 0 50
73. Schistes argileux.....	— 2 70
74. Grès.....	— 4 50
75. Schistes argileux.....	— 2 00
76. Pierres calcaires.....	— 0 85
77. Schistes argileux.....	— 0 83
78. Schistes calcaires.....	— 2 47
79. Nerf de charbon.....	— 0 08
80. Schistes argileux.....	— 0 83
81. Schistes argileux.....	— 0 70
82. Grès.....	— 4 80
83. Pierres calcaires.....	— 1 58
84. Schistes argileux.....	— 4 00
85. Couche de charbon.....	— 0 28
86. Schistes argileux.....	— 4 27
87. Pierres calcaires.....	— 0 22
88. Schistes argileux.....	— 2 60
89. Nerf de charbon.....	— 0 41
90. Schistes argileux.....	— 4 24
91. Grès.....	— 0 47
92. Schistes argileux.....	— 4 75
93. Grès.....	— 0 25
94. Nerf de charbon.....	— 0 10
95. Schistes argileux.....	— 2 65
96. Grès.....	— 2 00
97. Schistes argileux.....	— 0 20
98. Nerf de charbon.....	— 0 08
99. Schistes argileux.....	— 0 42
100. Grès.....	— 0 82
101. Schistes argileux.....	— 3 65
102. Nerf.....	— 0 04
103. Schistes argileux.....	— 2 25
104. Veine de charbon.....	— 0 08
105. Schistes argileux.....	— 2 20
106. Nerf de charbon.....	— 0 05
107. Schistes argileux.....	— 0 67
108. Pierres calcaires.....	— 0 22

109. Schistes calcaires.....	épaisseur
110. Pierres calcaires.....	—
111. Schistes argileux.....	—
112. Pierres calcaires.....	—
113. Grès.....	—
114. Pierres calcaires.....	—
115. Grès.....	—
116. Pierres calcaires.....	—
117. Schistes argileux.....	—
118. Pierres calcaires.....	—
119. Schistes argileux.....	—
120. Pierres calcaires.....	—
121. Schistes argileux.....	—
122. Pierres calcaires.....	—
123. Schistes argileux.....	—
124. Pierres calcaires.....	—
125. Schistes argileux.....	—
126. Couche de grès.....	—
127. Schistes argileux.....	—
128. Grès.....	—
129. Schistes argileux.....	—
130. Nerf de charbon.....	—
131. Schistes argileux.....	—
132. Schistes argileux avec nerf de grès....	—
133. Schistes argileux.....	—
134. Calcaires.....	—
135. Schistes argileux.....	—
136. Pierres calcaires.....	—
137. Schistes argileux.....	—
138. Pierres calcaires.....	—
139. Schistes argileux.....	—
140. Calcaire.....	—
141. Schistes argileux.....	—
142. Schistes argileux avec nerf de grès...	—
143. Calcaire.....	—
144. Schistes argileux.....	—
145. Nerf de charbon.....	—
146. Schistes argileux.....	—
147. Nerf de charbon.....	—
148. Schistes argileux.....	—
149. Couche de charbon.....	—
150. Schistes argileux.....	—
151. Schistes calcaires.....	—

152. Schistes argileux.....	épaisseur 0 17
153. Grès.....	— 4 50
154. Schistes calcaires.....	— 1 22
155. Grès	— 3 22
156. Pierres calcaires.....	— 0 20
157. Schistes argileux.....	— 0 20
158. Pierres calcaires.....	— 0 20
159. Schistes argileux.....	— 1 50
160. Schistes argileux avec nerf de grès....	— 1 72
161. Schistes argileux.....	— 0 20
162. Nerf de charbon.....	— 0 11
163. Schistes argileux.....	— 0 90
164. Pierres calcaires.....	— 0 10
165. Schistes argileux.....	— 0 77
166. Nerf de charbon.....	— 0 05
167. Schiste argileux.....	— 1 73
168. Schistes gréseux.....	— 3 20
169. Grès.....	— 0 80
170. Schistes argileux.....	— 0 23
171. Nerf de charbon.....	— 0 04
172. Schistes argileux.....	— 0 62
173. Couche de charbon.....	— 0 39
174. Schiste calcaire.....	— 1 32
175. Grès.....	— 0 55
176. Schistes argileux.....	— 0 20
177. Nerf de charbon.....	— 0 06
178. Schistes argileux.....	— 1 55
179. Nerf de charbon.....	— 0 02
180. Schistes argileux.....	— 0 18
181. Grès	— 0 20
182. Couche de charbon.....	— 0 20
183. Schistes argileux.....	— 0 27
184. Pierres calcaires	— 0 26
185. Schistes argileux.....	— 0 26
186. Calcaires.....	— 0 27
187. Schistes argileux	— 0 40
188. Grès	— 1 80
189. Schistes argileux.....	— 0 75
190. Nerf de charbon.....	— 0 05
191. Schiste argileux.....	— 0 65
192. Grès	— 4 05
193. Schistes calcaires.....	— 0 60
194. Schistes argileux.....	— 0 07

195. Nerf de charbon.....	épaisseur
196. Schistes argileux.....	—
197. Grès.....	—
198. Calcaire.....	—
199. Schistes argileux.....	—
200. Nerf de charbon.....	—
201. Schistes argileux.....	—
202. Grès.....	—
203. Schistes calcaires.....	—
204. Nerf de charbon.....	—
205. Schistes argileux.....	—
206. Pierres calcaires.....	—
207. Schistes argileux.....	—
208. Calcaires.....	—
209. Schistes argileux.....	—
210. Couche de charbon.....	—
211. Schistes argileux.....	—
TOTAL.....	—

D'après cette énumération, on peut donc compter les couches et nerfs de charbon, alternant avec les diverses couches minières qui composent le terrain de la concession, sont au nombre de 41. Les couches suivantes peuvent être comptées comme exploitables :

a. Couche « Tolstoï », épaisseur 0,58 sagène, avec un nerf de schistes argileux de 0,06 sagène au milieu ;

b. Couche « Almaznaïa », épaisseur 0,38 sagène, à deux vershoks du toit, un nerf de schistes calcaires très facilement séparable, de 0,02 sagène d'épaisseur ; le reste de la couche donne un charbon d'une pureté extrême ;

c. Couche « Orlovsky », épaisseur 0,38 sagène ;

d. Couche « Nadorlovsky », épaisseur 0,38 sagène ;

e. Couche « Vélican », épaisseur 0,45 sagène, avec un nerf argileux au milieu de 0,03 sagène ;

f. Couche « Zaitschik », épaisseur 0,28 sagène ;

g. Couche « Boulatovsky », épaisseur 0,50, avec un nerf de 0,07 sagène ;

h. Couche « Krasnopol'sky », épaisseur 0,39 sagène.

En dehors de ces huit couches énumérées, les autres méritent d'être étudiées par une exploration détaillée, à une plus grande profondeur, par des découverts, des recherches par puits et des travers-bancs; car, à une profondeur relativement insignifiante, elles apparaissent avec des affleurements de suie de charbon (charbon efflorescent), et ne présentent pas leur pleine épaisseur.

Si jusqu'à présent on n'a pas exploré ces derniers à une grande profondeur, c'est que les huit couches nommées plus haut garantissent une exploitation pour un grand nombre d'années. Cependant on est fondé à les considérer comme méritant une sérieuse attention, parce qu'elles sont connues dans les mines voisines comme ayant une épaisseur suffisante pour être exploitées :

La couche « Atamansky », ayant aux mines voisines une épaisseur de 0,50 sagène, avec un nerf de schiste argileux, au milieu, de 0,04 sagène d'épaisseur;

La couche « Krasaftchik », une épaisseur de 0,27 sagène, sans nerf de houille, très pure;

La couche 85 (n° de la coupe géologique), épaisseur 0,35 sagène de houille pure;

La couche 89 « Nicolaïevsky », épaisseur 0,28 sagène;

La couche 94, épaisseur 0,37 sagène;

La couche 130, épaisseur 0,16 sagène, non explorée;

La couche 147, épaisseur 0,13 sagène, non explorée.

Les couches n°. 130 et 147 « Boulatovsky et Krasnopolsky », couches supérieures, donnent un charbon faisant transition au groupe des charbons à longues flammes; les autres couches représentent les charbons gras fortement collants.

Nous donnons ci-dessous les analyses de quelques-unes de ces dernières :

Nom du charbon.	Cendres.	Soufre.	Coke.
Tolstoi	6,20	2,75	87,50
Almaznaïa	2,20	0,45	85,10
Nadorlovsky	6,00	2,47	84,40
Vilicane	5,80	1,51	81,50

Si nous voulons exprimer en chiffres les quantités de charbon que renferment les propriétés de la Société de

Briansk, jusqu'à une profondeur de 200 sagènes (quoique une telle profondeur ne puisse être une limite dans les mines de charbon), nous trouvons pour les huit couches travaillées :

Couche Tolstoi.....	460,673,000 pouds.	
— Almaznaia.....	340,200,000	—
— Orlovsky.....	385,700,000	—
— Nadorlovsky.....	399,000,000	—
— Vélicane.....	565,138,000	—
— Zaitzchik.....	240,546,000	—
— Boulatovsky.....	226,128,000	—
— Krasnopolsky . . .	127,693,000	—

2,745,008,000 pouds.

La propriété est divisée en deux bassins commodes pour une exploitation séparée : la première partie est située dans la région sud-ouest ; la seconde au nord-ouest.

La première partie découvre dans la direction nord-ouest des couches avec une inclinaison de 11 à 14 degrés ; dans la direction sud-ouest l'angle d'inclinaison augmente en raison de l'éloignement du tournant d'après la distance des couches, et varie entre 25 et 40°. Le tournant des couches est exploré par des travers-bancs en profondeur verticale de 22 sagènes sur la couche Tolstoi, et de 37 sagènes sur la couche Almaznaia. Les coupes menées par cet horizon, suivant la pente nord-ouest du bassin, ont contourné tout le tournant des couches et ont été poussées plus loin jusqu'à la limite de la pente sud-ouest. Elles ont montré que l'allure des couches est, dans ces couches inférieures, non interrompue, sans grandes déchirures, et ne présente aucune difficulté technique pour l'exploitation. On a fait, en 1894, deux puits d'une profondeur de 25 sagènes pour explorer et s'assurer s'il n'y avait pas des changements considérables dans les couches les plus hautes. Les puits ont été faits sur la couche n° 5 Nadorlovsky et n° 3 Vélican ; comme ils ont été foncés jusqu'aux couches correspondantes seulement en 1895, les galeries principales n'ont pu contourner le tournant des couches ; mais chacun d'eux est entré déjà dans son champ d'exploitation.

Toutes ces observations sur la position des couches, faites tant sur les couches inférieures que sur les supérieures, donnent le droit de supposer que la menée des travers-bancs sur ces couches, dans le rayon de leur tournant, ne présentera aucune difficulté technique. La dernière considération avait une importance capitale par le choix qui fut fait de l'emplacement d'un puits central. Le choix s'est arrêté sur la première cavité décrite plus haut, de préférence à l'autre, pour les raisons suivantes :

a. Les deux pentes de la seconde cavité (nord-ouest) ont une inclinaison plus grande de 40 à 50°.

b. On a raison de craindre une plus grande quantité d'eau dans ces couches, par suite de l'abaissement du relief du terrain, de la proximité de la rivière Kamischevaka et des sources nombreuses de la surface.

c. De toutes les couches de la suite ci-dessus considérées dans les limites de la propriété de Briansk, se trouvent seulement les couches Atamansky et Vélicane ; celles qui sont situées plus haut sortent à la surface ; les affleurements des couches plus inférieures « Orlovsky , Nadorlovsky, Almaznaia et Tolstoi » se trouvent derrière la limite (sur la propriété de M. Eléneff), et ne doivent apparaître qu'en profondeur.

d. L'étendue des couches dans les deux cavités est très grande, et il est difficile de préférer l'une à l'autre.

Le point pour le puits central, décidé de cette manière en faveur de la première coupe, devait être évidemment un point choisi à égale distance des deux bouts du champ de travail. Ce champ est limité sur la pente sud-ouest par un écartement diagonal, allant, sous 27 m°, vers la direction et sur la pente nord-est par un détour opposé des couches. Ces dernières forment dans les terres de M. Eléneff une vallée synclinale correspondant aux deux cavités nommées. On peut s'attendre à des difficultés d'eaux pendant la construction des voies de roulage, si l'on en juge d'après les cassures que l'on voit à la surface.

Le puits central devait en outre être placé pour pouvoir y faire aboutir une large voie à rails, sans déviations trop inconfortables.

Le lieu choisi définitivement répond à ces deux conditions : la distance entre le puits et les deux bouts du champ de travail est de 450 sagènes de chaque côté (cette distance augmente à mesure que l'horizon du champ de travail s'abaisse, car le champ de chaque couche se déploie au détour en éventail). Quant à la voie ayant une pente de 15/1000, elle aboutit au puits même.

Une chose qui pourrait ne pas paraître tout à fait rationnelle, c'est que le puits est fait sur une pente de la cavité où les couches ont une inclinaison de 12°, au lieu d'être fait sur la pente sud-ouest, plus abrupte, ayant une inclinaison de 35°, où par suite la longueur des travers-bancs serait plus petite.

Mais c'est une irrationalité apparente ; toutes ces raisons ont été prises en considération et on les a réduites à ceci : si l'on mène les travers-bancs du puits central à travers toute la série des couches, depuis la « Vélican » jusqu'à la « Tolstoi », c'est-à-dire à travers les cinq couches qu'on se propose d'exploiter par ce puits, la longueur de ces travers-bancs sera de 400 sagènes. Supposons que le prix de percement d'une sagène de travers-bancs à deux voies soit de 150 roubles, y compris les boisages et toutes les dépenses ; le prix total d'un tel travers-bancs serait alors de 60.000 roubles. La provision du charbon obtenu au moyen de chaque travers-bancs représente une quantité de 104.500 sagènes cubes, ou 78.375.000 pouds ; donc, si l'on fait un amortissement de la dépense, il sera de 0,077 copeck sur un poud de charbon. Chaque travers-bancs a une étendue moyenne de 800 sagènes ; la hauteur du champ d'exploitation est de 90 sagènes.

Si l'on avait fait un puits sur la pente plus abrupte de la cavité, le travers-bancs eût été en effet deux fois plus court ; la construction en eût coûté deux fois moins, et l'on eût fait, par conséquent, une économie de 0,039 copeck sur un poud de charbon.

Mais on aurait en même temps des galeries très courtes d'un côté, et très longues de l'autre, et la voie d'arrivée aurait une pente de 28/100. L'exploitation du charbon au moyen de tels travers-bancs et de telles voies de roulage en aurait augmenté le prix de 1/4 de copeck. On voit donc que l'économie de 0,039 copeck sur un travers-bancs ne se justifierait pas.

La profondeur du puits central qui se fonce en ce mo-

ment, est évaluée à 50 sagènes ; elle augmentera à mesure que continuera l'exploitation des provisions de charbon. On a dans ce but, dans le puits même, établi des compartiments spéciaux qui permettront de l'approfondir sans arrêter les travaux d'exploitation. Chaque horizon d'enfoncement sera de 21,6 sagènes et découvrira dans les mêmes couches une provision de charbon de 104.500 sagènes cubes ou 78.375.000 pouds (l'étendue moyenne étant de 800 sagènes ; 60 sagènes sur la demi-pente, et 35 sagènes sur la pente abrupte. L'épaisseur générale des 5 couches étant de 1,90 sagène).

A la profondeur verticale de 50 sagènes (premier horizon d'approfondissement) le puits coupera la couche supérieure Velikan, et la couche inférieure Tolstoi à la profondeur de 148 $\frac{3}{4}$ sagènes. Les travers-bancs qui vont croiser les couches dans ces limites auront tous une longueur de 400 sagènes ; ils seront tous entre la couche « Velikan » d'un côté et la couche « Tolstoi » de l'autre. Quant aux travers-bancs menés au-dessus des 148 $\frac{3}{4}$ sagènes, ils s'allongeront à mesure qu'ils seront plus bas.

Par conséquent, l'amortissement du prix des travers-bancs se fera dans les mêmes conditions jusqu'à la profondeur de 148 $\frac{3}{4}$ sagènes, en augmentant le prix d'un poud de 0,077 copeck.

On peut donc affirmer que l'exploitation de ce puits jusqu'à la profondeur de 200 sagènes sera entièrement avantageuse et rationnelle. On pourra extraire des huit horizons, de chacun une hauteur de 21,4 sagènes, une provision de $78.375.000 \times 8 = 627.000.000$ de pouds de charbon.

Si l'on évalue l'exploitation annuelle à 15 millions de pouds, le terme d'existence de ce puits peut être fixé à 4 ans et demi, dans le cas où il ne serait pas commode de l'approfondir encore. Comme le prix du puits et de toutes les constructions aura été amorti par l'exploitation précédente, on pourra probablement continuer même par des travers-bancs doublés. La dépense s'évaluerait alors à 0,154 copeck par poud de charbon, dépense qui serait peu sensible, une fois le puits amorti.

Il n'y aura point de difficultés techniques pouvant mettre obstacle à l'approfondissement du puits, vu son diamètre.

L'aérage du champ de travail se fera dans chaque puits pendant l'exploitation par le premier horizon de l'exploitation (50 sagènes); il se fera à l'aide des puits aux profondeurs de 22 et 38 sagènes. Plus tard, il se fera à l'aide d'un puits spécial, muni d'un ventilateur à vapeur. Ce puits sera construit près du puits central aussitôt qu'on aura commencé d'approfondir le dernier jusqu'à l'horizon suivant (d'une hauteur de 21,6 sagènes). Aussitôt qu'on aura fait un travers-banc nouveau, le puits de ventilation sera mis en communication avec le travers-bancs précédent. A mesure que le puits principal s'approfondira, le puits de ventilation s'approfondira en même temps, en aboutissant chaque fois à l'avant-dernier travers-bancs. On répondra de telle façon aux conditions de la meilleure ventilation. Nous avons remarqué que la compensation du prix des travers-bancs se réduira à 0,077 copeck sur un poud de charbon, que l'on poussera les travaux d'exploitation jusqu'à 162 sagènes de profondeur. Il faut y ajouter encore le prix du puits principal et du puits de ventilation, avec les machines, leurs aménagements et toutes leurs constructions techniques. Admettons 350.000 r. pour le prix du puits central jusqu'au sixième travers-bancs (162 sagènes) et le prix du puits de ventilation jusqu'au cinquième travers-bancs (141,4 sagènes). Si l'on répartit cette somme sur les provisions de charbon qui doivent être extraites de cette profondeur, c'est-à-dire sur 470.250,000 pouds, on trouve que sera la dépense au moyen de 0,075 copeck par poud.

Pour compléter la liste des dépenses dans le chapitre des amortissements, ajoutons-y encore le prix de toutes les constructions et de toutes les constructions (excepté les constructions spéciales telles que la voie d'exploitation rachetée par le prix du charbon, la carbonisation de la houille, rachetée par le prix du coke, etc.).

Évaluons toutes ces constructions (demeures pour les ouvriers, bâtiments pour l'administration et pour la surveillance, le comptoir, les bains, l'hôpital, les magasins, etc.) à 300.000 roubles. Si l'on répartit cette somme sur la provision indiquée de 470.250,000 pouds de charbon, nous devons ajouter encore 0,064 copeck par poud de charbon.

Le chapitre des amortissements s'exprimera donc par les chiffres généraux suivants :

Amortissement du prix des travers-bancs..	0,077	copeck
— — des puits principaux		
et des puits de ventilation avec tous leurs		
accessoires.....	0,075	—
Amortissement du prix des habitations et		
des autres bâtiments.....	0,064	—
	0,216	copeck

Cela revient en somme à 1/5 ou 1/4 de copeck par poud.

La mine de Briansk possède un document très précieux servant à escompter le prix d'exploitation des provisions livrées par les puits : c'est le compte rendu de la production en 1895. En 1895, la Société de Briansk était liée avec d'autres mines par des contrats qui l'obligeaient à acheter le charbon en dehors de ses propres mines. Ne pouvant profiter, par conséquent, de son charbon, elle ne faisait extraire que la moitié de ce que pouvait donner le puits. Les chiffres de 1895 sont beaucoup trop forts en comparaison avec ceux qui se présenteront au moment où tous les travaux seront en pleine marche ; car les dépenses presque égales dans les deux cas (dépenses générales) se répartiront alors sur un plus grand nombre de pouds de charbon, et le chiffre d'amortissement sera diminué. Par conséquent, si nous acceptons comme moyenne les chiffres donnés en 1895, nous introduirons dans le calcul une réserve considérable qui évitera tout mécompte.

Le tableau ci-dessous montre en détail tous les chapitres des dépenses d'exploitation qui ne doivent pas changer ; quant aux chapitres nouveaux, sujets aux changements (comme le remplacement de la force manuelle par la force du cheval pour le roulage des wagonnets), les dépenses en sont calculées comme dans les meilleures mines du bassin du Donetz.

Par poud de
charbon obtenu
Données Calcul
de 1895 spécial

I

1. Abatage du charbon et son transport		
jusqu'à la galerie d'extraction.....	1 ^k 171	
2. Extraction souterraine.		
A] reporter.....	1 ^k 171	

Report..... 4* 171

a. Main-d'œuvre dans les galeries à 5 copecks un wagonnet de 30 pouds de charbon.....	0 170
b. Par cheval, dans les galeries principales.....	0 075
c. Par cheval, dans les travers-bancs..	0 075
3. Roulage à la surface.....	0 073
4. — au plan automoteur.....	0 100
5. Boisage.....	0 190
6. Extraction par le puits.....	0 240
7. Pompe.....	0 085
8. Constructions des galeries principales...	0 250
9. — — des étages....	0 162
10. — des plans automoteurs....	0 120
11. Réparations et entretien du puits.....	0 062
12. — des outils et des machines .	0 065
13. Transport des matériaux.....	0 028
14. Travaux des géomètres.....	0 015
15. Entretien des demeures des ouvriers....	0 067
16. Surveillance et protection.....	0 153
17. Eclairage.....	0 008
18. Ventilation.....	0 050
19. Triage (nettoyage) du charbon.....	0 146
20. Dépenses diverses.....	0 006

II

Dépenses générales et imprévues.....	0 400
--------------------------------------	-------

III (EXPÉDITION)

1. Chargement en wagons.....	0 167
2. Transport sur la voie du chemin de fer jusqu'à la station « Almaznaïa ».....	0 400
3 Entretien de l'agence et dépenses d'expédition.....	0 102

TOTAUX..... 2 415 1 965

La mine est reliée actuellement à la station « Almaznaïa » par un petit embranchement qui s'unit à la branche du chemin de fer appartenant à la Société des mines Aleksejewsky. On se propose de conduire cette dernière jusqu'à la station Almaznaïa.

L'amortissement du prix des travers-banos, des puits principaux et des puits de ventilation, de tous les bâtiments et de toutes les constructions de la mine peut être évaluée à 0,216 copecks, ce qui fait en tout 4,596 copecks.

Il serait juste d'ajouter encore à cette somme 0,20 copeck par poud (30.000 roubles par an sur tous les 15 millions d'extraction) pour amortir le capital payé pour la propriété minière par la Société de Briansk.

Le charbon chargé en wagons et transporté à Almaznaïa reviendra en somme à 4,796 copecks le poud, y compris les frais généraux et supplémentaires, la somme pour l'amortissement des frais de construction et le prix de la propriété; mais il est probable qu'il coûtera moins cher pour les causes que nous venons de signaler.

Le projet élaboré en détail et approuvé par les autorités de la Société, n'avait pas seulement en vue le côté technique de l'affaire, mais il devait assurer aux ouvriers et aux employés de la mine des demeures aussi commodes et aussi hygiéniques que possible. L'exécution des travaux indiqués dans le projet est appropriée aux conditions exceptionnelles dans lesquelles la mine se trouve en ce moment. Pendant les deux ans et demi qui se sont écoulés depuis l'achat de ces propriétés, on n'a extrait qu'une quantité très petite de charbon; car la Société s'était engagée, par des contrats, à prendre le charbon des autres mines. On fit pendant ce temps-là l'étude des travaux; on construisit une voie à rails large, pour relier la mine à l'embranchement de la Société minière Aleksejewsky, qui aboutit à la station Almaznaïa. Un contrat fait entre la Société d'Aleksejewsky et la Société de Briansk, réserve à cette dernière le droit de continuer son chemin de fer jusqu'à la station Almaznaïa en élargissant la voie de la Société Aleksejewsky pour y poser la sienne.

On se propose de construire 37 casernes pour les ouvriers célibataires, et 62 maisons pour les ouvriers mariés; quatre des premières et huit des secondes ont été construites en 1894. Les casernes sont bâties en briques et chaux, et couvertes de tuiles de Marseille; elles se composent de deux compartiments dont chacun peut recevoir 20 personnes avec deux sagènes cubes d'air par personne.

Chaque compartiment se compose d'une chambre commune, d'une cuisine, d'un entrepôt, et d'un séchoir pour les habits des ouvriers. Ce séchoir est muni d'un bon poêle

et réchauffé encore par le poêle de la cuisine. Les lits des ouvriers sont des châssis en fer soutenus par des colonnes en fer, et garnis de planches. Les maisons destinées aux ouvriers mariés sont à quatre compartiments ayant chacun une entrée à part. La demeure de chaque famille se compose d'une cuisine, d'une chambre propre et d'un corridor; chaque logis a un hangar, une cour et un cabinet. On vient de faire encore deux projets d'habitation pour les ouvriers mariés.

C'est une question de grande importance que l'idée de peupler la mine avec des ouvriers mariés dans la proportion d'un tiers du nombre des ouvriers nécessaires à l'exploitation de la mine. Le contingent des ouvriers des mines dans le bassin du Donetz se compose à présent principalement de paysans arrivés des gouvernements du centre, célibataires ou ayant laissé leur famille au pays. Ils viennent ici pour quelque temps seulement; ce qui fait que la mine ne peut jamais former un groupe d'ouvriers spéciaux. La mine a un hôpital provisoirement installé dans une maison qui a été achetée par la Société en même temps que la propriété; mais on veut construire prochainement une maison spéciale. Le projet en est déjà élaboré; cet hôpital pourra répondre aux besoins de la population toujours croissante de la mine de même qu'aux exigences de la médecine.

En ce moment-ci l'hôpital est sous la direction d'un aide-chirurgien, et du médecin de la ville voisine qui vient à l'hôpital deux fois par semaine. Mais la population de la mine devant s'accroître l'année prochaine (elle comptera près de 2.000 hommes), on tâchera alors d'installer un médecin à l'hôpital même.

On a fait creuser, à côté du puits, de grands bassins alimentés par l'eau courante des sources et en partie par l'eau qu'on extrait des puits de mines: ce sont les bains d'été; on veut faire prochainement des bains d'hiver assez grands pour recevoir 30 personnes à la fois.

Le puits principal dont on vient de parler a été fait en 1895. Son diamètre, qui est de $6\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{2}$ archines au niveau du jour, la bonne distribution des compartiments du puits, permettront d'extraire une grande quantité de charbon (près de 16 millions de pouds par an) et d'augmenter la profondeur du puits, selon les besoins, sans arrêter l'abatage. Pour extraire le charbon du puits, on va construire cette année une machine à 400 unités de vapeur, capable d'enlever 70.000

pounds de charbon par jour, au moyen de cages à 3 étages dont chacune peut recevoir 2 wagonnets de charbon. L'épuisement des eaux se fait au moyen d'une pompe du système « Worthington » d'une capacité de 6.000 seaux par heure.

Les constructions en dehors de la mine sont : 1° un chevalement en fer ; 2° un bâtiment en pierres, à deux étages, pour le déchargement des wagonnets, le comptoir de la mine, le magasin des provisions ; il y a des emplacements pour la garde des pioches et des instruments ; d'autres où les ouvriers peuvent se laver en quittant le travail ; d'autres encore où ils posent leurs vêtements.

À côté de tout cela, se trouve un emplacement pour la machine d'extraction et pour une machine de réserve servant à l'approfondissement des puits ; ensuite un emplacement pour dix chaudières horizontales de Cornwalles, pour lesquelles on construit maintenant une cheminée commune, haute de 23,5 sagènes (50 mètres.) Tous les bâtiments techniques seront couverts en fer de zinc.

On ne veut pas se borner à exploiter les mines et à expédier le charbon à l'état brut ; mais on veut faire, à la mine même, le coke métallurgique qu'on faisait jusqu'alors à Ekaterinoslaw, à l'usine Alexandre. Il en résultera certainement une économie égale à la différence que présente le prix de transport du charbon brut et celui du coke ; car la carbonisation d'un poud de coke nécessite la dépense de 1,35 poud de charbon et les tarifs de chemin de fer pour l'un et pour l'autre sont les mêmes. Comme les prix de transport du charbon et du coke depuis la station Almaznaïa jusqu'à Ekaterinoslaw est de 5,07 copecks, le coke préparé à la mine coûtera 2,09 copecks de moins (y compris le prix de transport jusqu'à l'usine) que le coke préparé à l'usine d'Alexandre.

Pour faciliter l'exploitation des puits, la Société a fait construire un téléphone entre les bâtiments techniques, le comptoir et les logis de l'administration, et relié à la station Almaznaïa où est la station centrale des téléphones. Ceci permet de communiquer avec les mines voisines et avec la station postale-téléphonique « Kadiefka » où l'on reçoit la correspondance télégraphique de l'étranger.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE DU 21 MAI 1899

La séance est ouverte à 3 heures sous la présidence de M. TAUZIN, ingénieur en chef des mines, directeur de l'Ecole des mines, président de la Société.

54 membres ont signé la feuille de présence.

Se sont excusés : MM. Baure, administrateur honoraire de la Société ; Evrard (Max.), vice-président, et Hugot, directeur des Forges et Aciéries de Firminy, membres du Conseil d'administration.

M. Petit, secrétaire de la Société, donne lecture du procès-verbal de la précédente Assemblée générale, qui est adopté sans observation.

M. le Président prend la parole et rend compte de la marche de la Société pendant le dernier exercice.

Discours de M. Tauzin.

« MESSIEURS,

« En m'appelant à l'honneur de présider notre Société, vous avez voulu affirmer une fois de plus la solidité des liens qui l'unissent à l'Ecole des mines de Saint-Etienne ; vous vous êtes rappelé que fondée par celui de mes prédécesseurs dont le souvenir est resté le plus vivant parmi nos anciens élèves, le vénéré M. Gruner, la Société de l'Industrie minérale n'a eu pour présidents effectifs que des directeurs de l'Ecole, MM. Dupont, Cacarrié, de Cizancourt et Castel ; vous vous êtes rappelé qu'ayant pour but de concourir au progrès de l'art des mines, de la métallurgie et des industries qui s'y rattachent, aux termes de l'article 2

de nos statuts et de notre règlement, la Société de l'Industrie minérale ne pouvait mieux faire que d'associer en quelque sorte son sort à celui d'une Ecole qui née dans les premières années de ce siècle, alors que ces industries étaient encore dans l'enfance, leur a constamment fourni le plus grand nombre de leurs ingénieurs et s'est par suite développée avec elles, passant progressivement du rang d'Ecole supérieure professionnelle à celui d'Ecole supérieure du génie civil français ; vous vous êtes enfin rappelé, suivant les paroles que prononçait M. Gruner, le 23 mai 1875, à la séance d'ouverture de votre premier Congrès, le Congrès de Saint-Etienne, « qu'une association qui s'est » proposé l'étude attentive des faits et des questions » se rapportant à l'industrie des mines et des forges, » doit nécessairement se fixer au centre même des » ateliers miniers et métallurgiques » et que le bassin de la Loire, pour si devancé qu'il soit, au point de vue du tonnage, par notre grand bassin du Nord et du Pas-de-Calais, restait, à notre point de vue spécial, par la variété et la difficulté de ses gîtes aussi bien que par le fini de ses produits métallurgiques, le centre d'études le plus intéressant qui soit en France. J'avais trop souvent développé moi-même ces idées, alors qu'elles ne me mettaient pas personnellement en cause, pour les renier lorsqu'elles m'obligeaient à accepter de nouvelles responsabilités ; je me suis donc incliné, Messieurs, devant votre vote, convaincu que la tâche à laquelle vous vouliez bien me convier, serait en somme facile avec des collaborateurs tels que vous.

« L'année qui vient de s'écouler a justifié mes espérances. Par suite du retard de nos publications, la situation financière qui vous avait été présentée l'année dernière n'avait rien de définitif ; la Société

paraissait avoir réalisé un excédent de recettes de plus de 20.000 francs, mais elle n'avait en réalité payé aucune des livraisons du *Bulletin* pour l'année 1897. La situation dont on vous donnera connaissance dans un instant, indique bien exactement où nous en sommes à la fin de l'année 1898 ; huit livraisons, les 4 de 1897 et les 4 de 1898, ont été payées, absorbant non seulement les recettes propres de l'exercice, mais encore une partie du bénéfice apparent de l'exercice 1897 ; comparé à celui de fin 1896, alors qu'une livraison de cette année 1896 restait encore à payer, l'actif fait cependant ressortir un accroissement de 8.704 fr. 57 pour les deux années 1897 et 1898, soit plus de 4.000 francs pour chacun de ces deux exercices.

« Le *Bulletin* est toujours tiré à 1.300 exemplaires ; les *Comptes Rendus* à 1.500.

« La Société compte 1.090 membres, soit trois seulement de plus que l'année dernière ; nous avons en outre 16 abonnés.

« 56 *Bulletins* sont placés par les libraires, 16 sont remis gratuitement à divers établissements, 53 sont échangés avec diverses publications.

« Nous avons publié 6 livraisons depuis notre dernière assemblée générale : la 4^e livraison du tome XI, les 4 livraisons du tome XII et la 1^{re} livraison du tome XIII.

« Les 5 livraisons dont j'ai à m'occuper aujourd'hui renferment de très importants mémoires sur la géologie, l'exploitation des mines et la préparation mécanique.

« M. de Morgues, directeur des houillères de Saint-Eloy, nous a décrit les ateliers de criblage et de lavage de ces houillères, ateliers que vous avez eu l'occasion de visiter lors du Congrès de Montluçon ; cet intéressant travail est accompagné de nombreux dessins qui permettent de saisir tous les détails de l'installation

« M. Martinet, ingénieur principal des mines de Commentry, nous a donné une étude complète de cette remarquable exploitation. Après quelques pages consacrées à l'histoire et à la géologie du bassin, l'auteur décrit et discute les diverses méthodes d'exploitation appliquées successivement dans cette houillère ; il fait enfin connaître la belle installation du puits Central, qui, depuis 1885, assure à elle seule l'extraction et le raitement des 480.000 tonnes de houille que produisent annuellement les mines de Commentry. Par l'abondance et la variété des renseignements qu'il renferme, ce travail mérite d'être tout particulièrement signalé à votre attention ; il rentre bien dans le type des mémoires essentiellement pratiques qui font le succès de nos publications ; aussi votre Conseil a-t-il unanimement pensé qu'il y avait lieu de décerner à M. Martinet une médaille d'or. Je suis personnellement heureux, Messieurs, que cette récompense aille à un ingénieur de Commentry, attestant que les belles traditions de travail introduites dans l'Allier par notre distingué collègue, M. Fayol, sont précieusement conservées par ses jeunes collaborateurs.

« Le mémoire de M. Pasquet, lauréat de notre concours de 1897, ouvre les deux premières livraisons du tome XII. Je ne reviendrai pas sur l'éloge mérité qu'en a fait notre secrétaire, M. Petit, lors de votre dernière réunion.

« M. J.-M. Bel nous a donné un pittoresque aperçu de l'Indo-Chine Centrale et des gîtes minéraux qu'elle renferme.

« Nous devons à M. Dusaugy une étude géologique et économique du gisement de lignite que l'on rencontre dans le miocène sahélien de Marceau (Algérie).

« Je citerai enfin le travail considérable de M. F. Coignet sur le traitement des quartz aurifères. M. Coignet a

déjà beaucoup écrit pour la Société et une médaille d'or lui a été décernée en 1876 pour son travail sur la richesse minérale du Japon. Aujourd'hui c'est un véritable traité que notre collègue nous donne sur un sujet peu connu de nos lecteurs : triage, concassage et broyage des minerais, amalgamation et concentration, chloruration et cyanuration sont successivement passés en revue avec une abondance de détails et de renseignements qui font grand honneur à M. Coignet. Des exemples de traitement et des règles pour le choix d'une méthode de traitement terminent cette étude qui, comme l'auteur le désirait, comble une lacune dans nos ouvrages de technologie industrielle. Une règle qui n'a jusqu'ici souffert aucune exception, malgré le mérite de tel ou tel de nos collègues que vous me permettrez de ne pas nommer pour ne blesser la modestie de personne, n'a pas permis à votre conseil de décerner à M. Coignet une deuxième médaille d'or, mais je me fais l'interprète des membres du Conseil et le vôtre, j'en suis sûr, Messieurs, en lui adressant publiquement nos remerciements et nos félicitations.

« Au point de vue de la métallurgie et des sciences connexes, nous avons publié, dans la dernière livraison de 1897, une conférence faite au Congrès de Montluçon par M. Victor Rouff sur un appareil servant à doser volumétriquement le carbone contenu, soit à l'état de combinaison, soit à l'état de graphite, dans les fers, fontes et aciers.

« Le mémoire de M. Soularv, primé au concours de 1897, figure dans la seconde livraison du tome XII ; il traite, comme on vous l'a dit l'an dernier, de l'utilisation de la chaleur produite par l'atelier de carbonisation de Ferfay.

« On trouve encore dans la même livraison une note

de M. Zyromski sur les machines actuellement en usage dans la sidérurgie.

« Un travail très intéressant de M. Périllon, chef du laboratoire de l'usine des Aciéries de Saint-Etienne, sur la métallographie microscopique des aciers, ouvre la troisième livraison de 1898. L'auteur fait pressentir les avantages que l'on pourra retirer de l'emploi combiné du microscope et du pyromètre de M. H. Le Châtelier, pour obtenir des aciers d'une structure déterminée.

« En dehors de ces travaux qui se rapportent aux deux grandes branches de l'industrie minérale, nous trouvons dans notre *Bulletin* :

« La fin du compte rendu de la visite faite par les membres du district du Nord à l'exposition de Bruxelles.

« Une étude de M. Clermont, sur la transmission de l'électricité par mouvements ondulatoires. L'auteur y signale les applications qui ont été faites récemment de diverses radiations soit à l'éclairage par luminescence, soit à la télégraphie sans fil continu.

« Une note de M. Couriot, professeur d'exploitation des mines à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, sur l'application ingénieuse qu'il a faite des rayons X à l'examen et à l'analyse des combustibles minéraux.

« Comme d'habitude, notre *Bulletin* contient quelques extraits de publications étrangères; je citerai seulement la note relative aux conditions d'établissement des dynamitières à faible profondeur, et l'ordonnance du 12 juillet 1898 de l'Administration minière de Dortmund sur l'arrosage des poussières de charbon.

« Nos *Comptes Rendus* contiennent les procès-verbaux de 22 séances de district : 10 du district de Saint-Etienne, 4 du district de Paris, 3 du district du Nord, 2 des districts du Sud-Est et de la Bourgogne, 1 du district du Centre.

« Je me permets d'exprimer le désir que les réunions de certains de nos groupes soient plus fréquentes ; une réunion par trimestre semble désirable pour maintenir, entre les membres de la Société qui habitent une même région, la solidarité indispensable à la vitalité de l'association. Je crois qu'il conviendrait également que les procès-verbaux des séances fussent transmis aussi rapidement que possible au Président de la Société par les secrétaires des comités de district ; bon nombre de renseignements doivent, en effet, à leur actualité, la plus grande partie de leur intérêt. Aux termes de l'article 42 du Règlement, les comités de district ont pour mission de provoquer, dans chaque région, la rédaction de mémoires pouvant être publiés dans le *Bulletin* ; c'est donc avec raison que certaines communications nous sont signalées comme pouvant être insérées dans notre principale publication, mais il conviendrait que leur transmission, sous prétexte de mise au point d'un travail plus important, ne fût pas indéfiniment ajournée ; mieux vaudrait se contenter, quand on a à redouter semblable mécompte, d'une communication plus sommaire prenant rang dans nos *Comptes Rendus*.

« Il est enfin des districts qui ne se réunissent plus et qui, par là même, ont, peut-on dire, cessé d'exister. Encore qu'il n'ait pas réussi pour le Nord-Est en 1887, le meilleur moyen de les faire revivre semble être de tenir successivement nos congrès dans les régions du territoire qui leur sont affectées. Nous aurons sans doute à vous proposer une résolution de cette nature, en ce qui concerne le Sud-Ouest, vers 1902 ou 1903. Cette réunion générale s'intercalerait ainsi entre deux congrès que nous devons considérer comme décidés en principe et au succès desquels nous devons dès maintenant travailler : le congrès international des

mines et de la métallurgie en 1900 qui, comme le congrès analogue de 1889, sera, en fait, le congrès de notre Société à l'occasion de l'Exposition universelle; le congrès du cinquantenaire de la Société que nous célébrerons sans doute à Saint-Etienne en 1905; quelque heureux que je sois de maintenir à l'égard de la Société les traditions d'hospitalité de l'Ecole des mines, je souhaite qu'à cette occasion nous puissions recevoir nos collègues dans l'hôtel dont on vous a annoncé officiellement, il y a deux ans, la prochaine construction.

« Le meilleur moyen, Messieurs, de nous préparer convenablement à ces véritables solennités industrielles, est, assurément, de maintenir nos publications au niveau élevé que vos travaux leur ont permis d'atteindre. On ne peut qu'approuver à cet égard l'idée de provoquer la production de mémoires originaux sur des sujets d'actualité par l'organisation de concours entre les membres de la Société, idée que M. Lebreton, l'actif et dévoué secrétaire général que nous venons de perdre, a reprise en 1896, mais qui est aussi ancienne que notre Société. « Nous espérons, écrivait en effet « M. Gruner, le 26 juin 1855, que les fonds de la Société « nous permettront bientôt de stimuler le zèle de « plusieurs par une série de questions mises au « concours et des prix accordés aux meilleurs mémoires « sur les sujets proposés. » C'est cependant en raison des concours de 1897 et 1899 que votre conseil, attachant peut-être trop d'importance à la lettre même de nos règlements, vous a proposé de les reviser; il l'a fait, vous l'aurez remarqué, avec la plus grande prudence, se bornant à supprimer toute disposition qui lui a paru trop impérative pour être véritablement pratique; j'espère que vous aurez reconnu l'à-propos du plus grand nombre de ces modifications pour ne pas dire de toutes, et que vous donnerez tout à l'heure à

votre Conseil la liberté dont il a besoin pour trancher certaines questions, comme celle de la suppression ou du maintien de notre atlas, au mieux des intérêts de notre Société.

« Chaque année qui s'écoule apporte avec elle son inévitable contingent de tristesses et de deuils. Depuis notre dernière réunion la mort nous a enlevé 16 de nos collègues.

« Votre Conseil d'Administration a perdu M. Wéry, l'un de ses membres les plus distingués, les plus sympathiques et les plus bienveillants ; attaché toute sa vie à ces mines de La Chazotte qu'avaient créées et développées son père et ses oncles, notre collègue s'était fait aimer de toute la population de La Talaudière par sa bonté, sa justice et son inépuisable charité et rien n'était touchant comme la tristesse de ses ouvriers le jour de ses obsèques.

« Notre district de Saint-Etienne a été de nouveau frappé dans les premiers jours de cette année de la façon la plus cruelle ; un des jeunes ingénieurs qui honoraient le plus l'Ecole de Saint-Etienne et qui, occupant déjà une haute situation industrielle, semblait appelé au plus brillant avenir, Choubley, lui a été enlevé en quelques heures.

« Mais c'est surtout dans le Sud-Est que nos épreuves se sont multipliées. Nous y avons perdu, dans les premiers jours du mois de mai 1898, l'un de nos collègues les plus éminents, celui dont le nom personnifiait, peut-on dire, la plus importante des mines du Gard, M. Graffin. Vous savez, Messieurs, tout ce que l'industrie minière doit à la Grand'Combe ; bon nombre de procédés d'exploitation devenus aujourd'hui classiques y ont pris naissance et on doit louer les intentions qui ont inspiré les institutions sociales de la Grand'Combe. Ce

même mois de mai 1898 a vu disparaître l'ancien directeur des mines de Portes, M. Babilot, qui avait su résoudre de façon à se concilier l'estime et la sympathie de tous, le difficile problème de tirer habilement parti d'un gîte médiocre. Au mois de février 1899, le directeur des mines des Salles-de-Gagnières était frappé à son tour ; c'est à la perspicacité et à la persévérance de M. Nagel que nous devons la découverte, sous l'étage stérile de 800 mètres qui les sépare des couches supérieures, des couches que l'on a assimilées peut-être un peu vite à celles de Bessèges, mais qui n'en constituent pas moins une réserve importante pour le bassin de la Cèze. On ne peut parler de découvertes houillères dans la vallée de la Gagnière sans saluer M. de Lavernède, ce collègue disparu lui aussi dans ces derniers mois, dont l'admirable tenacité était, peut-on dire, proverbiale et qui n'avait pas hésité à sacrifier sa fortune et sa famille au succès de recherches qui furent finalement couronnées d'un plein succès.

« Poursuivant cette douloureuse énumération, nous trouvons en Bourgogne l'un des plus grands maîtres de forges de notre pays, M. Henri Schneider, dont la magnifique et cordiale réception lors du Congrès de Blanzay est encore présente à tous nos esprits et, successivement MM. Fayard, Breschard, Jules Arnac, Guillon, Hely d'Oissel, Fagès, Félix Parent, Laurens et Marin.

« En voyant ainsi les rangs s'éclaircir de plus en plus autour de lui, en voyant disparaître simultanément les industriels les plus puissants et les ingénieurs les plus modestes, ceux qui débutaient presque dans la carrière et ceux qui jouissaient d'un repos bien mérité, chacun de nous comprend chaque jour davantage son impuissance individuelle et l'utilité de l'association toutes les fois que l'on veut atteindre un but élevé et difficile, toutes les fois même que l'on veut assurer un lende-

main à ses conceptions et à ses projets. Messieurs, notre Association poursuit l'un des buts les plus élevés que l'activité humaine puisse se proposer ; nos industries minière et métallurgique ne sont pas simplement, en effet, parmi les plus intéressantes qui puissent solliciter les ingénieurs ; elles ont aussi, comme on l'a dit bien des fois, par les exigences mêmes de leur développement, suscité les plus grands progrès contemporains ; elles sont enfin indispensables, et cette considération n'est pas celle qui doit le moins nous toucher, au développement pacifique en même temps qu'à l'indépendance des nations. Serrons donc nos rangs, Messieurs, travaillons de toutes nos forces aux progrès de l'industrie minérale ; ce sera le plus sûr moyen de faire revivre fréquemment au milieu de nous les chères et grandes figures disparues ; ce sera le moyen le plus efficace d'honorer la mémoire de ceux de ses membres dont la Société, par l'organe de son Président, déplore aujourd'hui la perte. »

La fin du discours de M. le Président est saluée par de vifs applaudissements.

M. Baretta, membre de la Commission de comptabilité, donne lecture du rapport de cette Commission sur la situation financière de la Société ainsi que du rapport des censeurs.

Rapport de la Commission de comptabilité.

« MESSIEURS,

« La situation financière de notre Société, au 31 décembre dernier, s'établit comme suit :

RECETTES

Cotisations des Sociétaires et abonnés.....	35.268 ^r 40	}
Ventes aux libraires.....	956 *	
Revenus et intérêts.....	2.481 *	
Excédent des recettes de 1897.....		

TOTAL DES RECETTES

MOUV

Solde débiteur au 31 décembre 1896 :		
du compte Ramel, Bréchnignac et C ^{ie}	14.192 38	}
du compte Caisse	117 35	
Excédent des recettes 1897-1898.....		
TOTAL ÉGAL		

ACTIF

BIL

Rente amortissable 3 % : 1.275 fr.....	33.866 65	}
57 obligations Lyon-Genève.....	21.898 35	
22 — P.-L.-M. 2 1/2 %	10.130 65	
Caisse et Ramel-Bréchnignac : Soldes débiteurs.....		
TOTAL DE L'ACTIF		

31 Décembre 1898.

DÉPENSES*Bulletin, Comptes Rendus, Circulaires, etc. :*

Frais d'impression et de gravure	37.493' 20	}	41.157' 20
Id. d'expédition.	3.664 "		

Frais généraux :

Secrétaire-trésorier	3.000 "	}	7.953 50
Id. rédacteur ..	3.000 "		
Commis aux écritures	600 "		
Commissionnaire et étrennes ..	375 "		
Commission de banque, change, etc. ..	565 45		
Frais de bureau	281 80	}	
Bibliothèque	131 25		

Dépenses diverses :

Prix du concours de 1897	1.500 "	}	1.975 55
Médaille d'or ..	219 15		
Divers	256 40		

Excédent des recettes.. 8.704 57

TOTAL ÉGAL... 59.790 82

DE L'ENCAISSE

Solde débiteur au 31 décembre 1898 :

du compte Ramel, Bréchnignac et C ^{ie}	12.776 45	}	12.883 65
du compte Caisse	107 20		
Achat de 22 obligations P.-L.-M. 2 1/2 %			10.130 65
TOTAL ÉGAL			23.014 30

31 DÉCEMBRE 1898

PASSIF

Fonds social (Art. 30 des statuts)	6.800 "		
Balance	71.979 30		
TOTAL ÉGAL			78.779 30

« La Commission, en dressant ce tableau, a suivi la voie définitivement ouverte l'an dernier relativement à l'arrêt des comptes et au groupement des écritures.

« Pas plus que l'an passé, on ne saurait procéder à d'utiles comparaisons avec l'exercice précédent, en raison même de la différence des périodes embrassées par chacun d'eux : neuf mois pour 1897, une année entière pour 1896 et 1898 qui l'enclavent.

« Nous nous bornons aux indications paraissant les plus intéressantes.

« L'analyse des « Frais d'impression et de gravure » fait ressortir une dépense de francs 12.466,50 affectée aux planches et clichés.

« On ne remarque pas de variations sensibles dans les « Frais généraux ». Quant à l'augmentation des « Dépenses diverses » les prix du concours de 1897 la justifient amplement.

« Mais l'élément le plus essentiel à considérer est certainement le montant anormal des dépenses, soit francs 51.086,25.

« Si pour l'exercice précédent on constatait un excédent de recettes de fr. 21.085,42, ce résultat est tout aussi anormal que le déficit de fr. 12.380 85 qui, *a priori*, semble frapper l'exercice soumis à votre examen.

« En effet, l'exercice précédent a payé quoi ? une seule livraison, la dernière de 1896.

« D'autre part, 1898 prend à sa charge 8 livraisons entièrement soldées, soit les 4 de 1897 et les 4 siennes propres.

« Eu égard à ce qui précède et en présence de résultats aussi discordants, votre Commission a estimé, et en agissant ainsi elle est d'avance assurée de votre assentiment unanime, qu'il convenait de porter au chapitre des recettes de 1898, l'excédent de 1897 et de

répartir ainsi sur deux exercices le bénéfice anormal de ce dernier.

« On obtient, de la sorte, le chiffre de fr. 8.704,57, soit, pour chacune des années 1897 et 1898, une moyenne de fr. 4.352,28, montant légèrement inférieur à la moyenne générale et toutes choses se trouvant ainsi mises logiquement et exactement au point.

« Le nombre des sociétaires est en progression ; celui des membres à vie s'accroît de 2 et passe de 15 à 17.

« A ce sujet, pour la première fois et de conformité à l'article 30 des statuts, la Commission porte, au passif du bilan, le « Fonds social » au capital inaliénable constitué : 1° par les sommes versées pour exonération de la cotisation annuelle, 2° les dons faits sans affectation spéciale.

« L'actif, qui fin 1896 était de..... fr.	70.074 73
loin de décroître, s'élève à..... fr.	78.779 30
ainsi en augmentation de..... fr.	8.704 57

« Pour mémoire, la plus-value des titres composant l'avoir social qui, fin 1897, se chiffrait par une somme d'à peu près fr. 20.000, subit, fin décembre dernier, une diminution et ne ressort plus qu'à fr. 13.000, résultant d'une dépression sur la cote des Obligations P.-L.-M. 2 1/2 %.

« En résumé, Messieurs, le court exposé qui précède révèle une marche satisfaisante des affaires de la Société et, d'autre part, le nombre des livraisons du *Bulletin* parues depuis l'an dernier à pareille époque, a déjà mis suffisamment en évidence, auprès de vous tous, l'activité de l'impulsion donnée à nos publications.

« Les rentrées de cotisations se maintiennent régulières.

« Les livres et les écritures sont toujours en bon ordre, grâce à notre infatigable secrétaire-trésorier, M. Grand'Eury ; avec vous nous l'en remercions sincèrement.

« *La Commission de comptabilité,*

« BARETTA, BIÉTRIX, HARMET. »

Rapport des Censeurs.

« MESSIEURS,

« Nous avons l'honneur de vous soumettre notre rapport sur les opérations de votre Société pendant l'exercice 1898.

« Par suite de circonstances exceptionnelles, les résultats ont été grevés de la charge du règlement de dépenses importantes qui n'avaient pas été mises au compte de l'année 1897 et l'influence de cet arriéré est telle, en effet, que l'exercice se solde en perte.

« Bien que les recettes de l'année se soient élevées à la somme totale de.....	38.705 ¹ 40
les dépenses surchargées de l'arriéré du précédent exercice se totalisent par la somme de.....	51.086 25
laissant ainsi un déficit de.....	12.380 85

réduisant d'autant les disponibilités.

« Ces résultats passifs n'ont en réalité que l'apparence d'un arrêt dans la marche prospère de votre Société, puisque l'année précédente avait soldé ses comptes par un bénéfice de.....	21.085 42
--	-----------

« Mais en réduisant de cette somme la perte ci-dessus de.....	12.380 85
il reste comme bénéfice des 2 années la somme de.....	8.704 57

qui représente pour chacune de celles-ci la moyenne des bénéfices antérieurs.

« Le bilan dressé au 31 décembre 1898 confirme d'ailleurs l'excellente situation de votre Société.

« L'Actif est représenté par des rentes et des obligations de chemin de fer pour la somme de. 65.895 65
et par des espèces en caisse et en dépôt
chez les banquiers..... 12.883 65

78.779 30

« Par contre-partie le Passif comporte le fonds social pour 6.800 »

et les produits acquis depuis l'origine de la Société, soit..... 71.979 30

78.779 30

« Nous estimons, Messieurs, que, d'après ce qui précède, vous voudrez bien approuver les comptes qui vous sont présentés.

« V. GARDETTE, L. VIER. »

Consultée par M. le Président, l'Assemblée générale approuve à l'unanimité les comptes de la Société pour l'exercice 1898.

Sur la proposition de M. le Président, l'Assemblée décide ensuite qu'une somme maxima de 3.000 francs est mise à la disposition du Conseil d'administration pour être allouée sous forme de prix aux auteurs des meilleurs mémoires du *Concours* de 1899.

Elle décide enfin que la Société, s'inspirant du précédent de 1889, prendra part au Congrès international des mines et de la métallurgie en 1900, et elle approuve les mesures arrêtées à cet effet par le Conseil d'admi-

nistration, notamment en ce qui concerne la publication des travaux du Congrès.

M. le Président annonce ensuite que le dépouillement du scrutin pour le renouvellement partiel du Conseil d'administration a donné les résultats suivants :

Nombre de suffrages régulièrement exprimés : 237.

Ont obtenu :

MM. BARETTA	232 voix.
BRUSTLEIN	236 —
EVRARD M.	236 —
HUGOT	236 —
MORTIER	235 —
DU ROUSSET	232 —
VILLIERS	236 —
FRIEDEL	235 —
CHARVET	231 —
MICHALOWSKI	233 —

En conséquence, M. le Président proclame membres du Conseil : MM. Baretta, Brustlein, Evrard, Hugot, Mortier, du Rousset, Villiers, Friedel, Charvet, Michalowski.

Sur la proposition de M. le Président, MM. de Villaine et Evrard sont nommés vice-présidents de la Société; M. Babu, directeur-adjoint de l'Ecole des mines, est nommé secrétaire général en remplacement de M. Lebreton, appelé au service du sous-arrondissement minéralogique de Lyon.

MM. Gardette et Vier sont réélus à l'unanimité censeurs pour l'exercice 1899.

L'ordre du jour étant épuisé et personne ne demandant la parole, M. le Président déclare levée la séance de l'Assemblée générale ordinaire.

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Par suite des dernières élections, le Conseil se trouve composé de la manière suivante :

Président d'honneur :

M. CASTEL, Inspecteur général des mines en retraite, à Paris.

Administrateurs honoraires :

MM. BAURE, ancien directeur des Houillères de la C^{ie} des Forges de Châtillon et Commentry, à Lyon.

EUVERTE, ancien directeur des usines de Terrenoire, à Paris.

DE CASTELNAU, ingénieur en chef des mines, à Paris.

Président de la Société :

M. TAUZIN, ingénieur en chef des mines, directeur de l'Ecole des mines de Saint-Etienne.

Vice-Présidents :

MM. DE VILLAINÉ, directeur honoraire et administrateur de la C^{ie} des Houillères de Montrambert.

EVARD (Maxim.), ingénieur à Saint-Etienne.

LESEURE, ingénieur en chef des mines en retraite, à Saint-Etienne.

VILLIERS, directeur de la Société des Houillères de Saint-Etienne.

Secrétaire général :

M. BABU, ingénieur au Corps des mines, directeur-adjoint de l'Ecole des mines de Saint-Etienne.

Secrétaire :

M. PETIT, ingénieur en chef de la Société des Houillères de Saint-Etienne.

Trésorier-Archiviste :

M. GRAND'EURY, professeur à l'Ecole des mines de Saint-Etienne.

Membres :

MM. BARETTA, ancien directeur des mines de Beau-brun, à Saint-Etienne.

BIÈTRIX, gérant de la Société des Ateliers de la Chaléassière, à Saint-Etienne.

BRUSTLEIN, ingénieur-directeur des usines Jacob Holtzer et C^{ie}, à Unieux (Loire).

CHARVET, ingénieur civil des mines, à Saint-Etienne.

CROZET (Emile), ingénieur-directeur des ateliers de construction Fourneyron, au Chambon (Loire).

FRIEDEL, ingénieur au Corps des mines, professeur à l'Ecole des mines de Saint-Etienne.

HARMET, ingénieur-directeur des Forges et Aciéries de Saint-Etienne.

HUGOT, directeur des Forges et Aciéries de Firminy.

MICHALOWSKI, ingénieur en chef de la Société des Mines de la Loire, à Saint-Etienne.

DE MONTGOLFIER, directeur général de la Compagnie des Hauts-Fourneaux, Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer, à Saint-Chamond.

MORTIER, ingénieur civil, à Saint-Etienne.

MURGUE, directeur de la C^{ie} des Mines de Montrambert et de la Béraudière, à Saint-Etienne.

DU ROUSSET, directeur de la C^{ie} des Mines de la Loire, à Saint-Etienne.

VOISIN, directeur de la C^{ie} des mines de Rochela-Molière et Firminy.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 21 MAI 1899

Aussitôt après la clôture de la séance de l'Assemblée générale ordinaire, M. Tauzin, président de la Société, déclare ouverte la séance de l'Assemblée générale extraordinaire régulièrement convoquée pour voter sur la proposition de revision des statuts et du règlement émanant du Conseil d'administration.

M. le Président demande si quelque membre désire présenter des observations sur l'ensemble des propositions soumises à l'Assemblée. Personne ne demandant la parole, M. Tauzin lit successivement chacune des modifications proposées par le Conseil, et fait connaître pour chacune d'elles le résultat du dépouillement des bulletins de vote envoyés par correspondance et des votes émis par les membres de l'assemblée, conformément aux art. 35 des statuts et 72 du règlement.

Le nombre des suffrages régulièrement exprimés est de 217.

I. — STATUTS

ARTICLE 27.

Intercaler entre le premier et le second § un paragraphe ainsi conçu : « Il pourra également organiser des concours entre les membres de la Société et attribuer des prix aux auteurs des meilleurs mémoires. »

Remplacer dans le second paragraphe, devenu le troisième, le mot « également » par le mot « enfin ».

Adopté par 216 voix.

ARTICLE 34. .

Remplacer les mots « ses propriétés » par ceux-ci « son actif ».

Adopté par 217 voix.

ARTICLE 35.

Supprimer au 1° les mots « La revision ne peut avoir lieu qu'à la fin de l'année et... »

Rédiger ainsi le 2° : « Toute proposition de revision qui n'émanera pas du Conseil d'Administration devra lui être adressée signée de cinq sociétaires au moins ; elle fera l'objet d'un rapport à l'assemblée générale la plus prochaine : la présentation de ce rapport sera expressément indiquée à l'ordre du jour. »

Adopté par 215 voix.

II. — RÈGLEMENT

ARTICLE 5.

Ajouter à la fin de l'article « dont un exemplaire sera remis à chaque membre de la Société ».

Adopté par 216 voix.

ARTICLE 6.

Remplacer les mots « avant le 1^{er} janvier » par ceux-ci « avant le 1^{er} juillet ».

Adopté par 216 voix.

ARTICLE 7.

Remplacer les mots « de 400 francs » par ceux-ci : « de 500 francs ».

Adopté par 214 voix.

ARTICLE 19.

Remplacer dans la ligne ainsi rédigée : « 8 représentant l'exploitation des mines » le nombre « 8 » par le nombre « 10 ».

Adopté par 213 voix.

ARTICLE 25.

Ajouter à la suite des mots : « le Conseil se réunit » la restriction suivante : « autant que possible ».

Adopté par 214 voix.

ARTICLE 27.

Remplacer les mots : « cessera de faire partie du Conseil » par ceux-ci : « pourra être déclaré démissionnaire ».

Adopté par 217 voix.

ARTICLE 32.

Compléter l'article comme suit : « il est chargé des paiements ; il dépose dans une banque désignée par le Conseil d'administration les sommes dont il n'a pas immédiatement besoin ; il est dépositaire responsable des fonds existant dans la caisse de la Société ; il tient à jour toute la comptabilité ».

Adopté par 217 voix.

ARTICLE 33.

Remplacer la rédaction du premier § par la suivante : « Le Trésorier-archiviste est conservateur des propriétés de la Société ; il les inscrit sur un registre spécial et en dresse les inventaires ».

Adopté par 217 voix.

ARTICLE 34.

Supprimer les mots : « celui de l'un des Secrétaires ».

Adopté par 213 voix.

ARTICLES 35 et 36.

Supprimer ces deux articles et modifier en conséquence les numéros des suivants.

Adopté par 208 voix.

ARTICLE 42.

Ajouter à la fin du second § les mots : « autant que possible ».

Adopté par 216 voix.

ARTICLE 48.

Rédiger la première ligne comme suit : « Ce recueil publie notamment : 1°. »

Supprimer les dernières lignes à partir de : « 4° un *Bulletin* du cours des houilles, etc. »

Adopté par 211 voix.

ARTICLE 49.

Supprimer la phrase : « Ces dessins et croquis seront publiés en feuilles destinées à former un atlas »
et le mot : « Pourtant ».

Adopté par 211 voix.

ARTICLE 50.

Supprimer à la troisième ligne le mot « Enfin ».

Adopté par 217 voix.

ARTICLE 51.

Intercaler après les mots : des « membres de la Société » les suivants : « en distinguant spécialement les membres fondateurs et les sociétaires à vie ».

Adopté par 216 voix.

ARTICLE 52.

Remplacer le commencement de l'article : « Le « Bulletin forme chaque année un volume de texte et « un atlas de planches. Le tout est divisé en quatre « livraisons », par la rédaction suivante :

« Le Bulletin est divisé en quatre livraisons. »

Rédiger la fin de l'article **en le complétant** comme suit : « L'abonnement sera de moitié prix pour les élèves des Ecoles industrielles qui n'ont pas terminé leurs études ; la même concession sera faite, pendant deux ans, à partir de la fin de leurs études, aux anciens élèves diplômés de ces écoles. Enfin, etc... »

Adopté par 211 voix.

ARTICLE 59.

Compléter l'article en le rédigeant comme suit :

« Le Conseil d'administration aura chaque année à sa disposition une somme d'au moins cinq cents francs, pour être attribuée, s'il y a lieu, en médailles, aux auteurs des meilleurs travaux publiés dans le *Bulletin* ou dans le *Compte Rendu* mensuel.

« Il pourra également organiser des secours entre les membres de la Société et accorder des prix aux auteurs des meilleurs mémoires, dans la limite des fonds qui lui seront alloués à cet effet par l'assemblée générale.

« Aucune médaille, aucun prix ne peut être alloué aux membres du Conseil durant leurs fonctions.

« Le Conseil pourra enfin confier aux sociétés
aux frais de la Société, des missions en France
l'étranger. »

Adopté par 215 voix.

ARTICLE 63.

Remplacer la rédaction actuelle par la suivante
« L'emploi de ce fonds sera fait conformément à l'art.
31 des statuts. »

Adopté par 214 voix.

ARTICLE 64.

Rédiger l'article comme suit :

« Les valeurs achetées pour le compte et au nom
la Société seront déposées dans une banque déterminée
par le Conseil d'administration. Les récépissés de
dépôt et, s'il y a lieu, les titres de propriété
seront remis au Président de la Société. »

Adopté par 217 voix.

ARTICLE 70.

Remplacer ces mots : « ses propriétés » par
ci : « son actif ».

Adopté par 217 voix.

ARTICLE 72.

Supprimer la première ligne du 1^{er} et compléter
le 2^o.

Rédiger les deux alinéas comme suit :

« 1^{er} Les modifications ne peuvent être arrêtées
par une Assemblée générale extraordinaire convoquée
à cet effet et tenue à Saint-Etienne » ;

« 2^o Toute proposition de révision qui n'entraîne

pas du Conseil d'administration devra lui être adressée signée de cinq sociétaires au moins ; elle fera l'objet d'un rapport à l'Assemblée générale la plus prochaine ; la présentation de ce rapport sera expressément indiquée à l'ordre du jour. »

Adopté par 215 voix.

ARTICLES 73 et 74.

Supprimer ces deux articles.

Adopté par 209 voix.

En conséquence M. le Président déclare que toutes les modifications proposées aux statuts et aux règlements par le Conseil d'administration ayant largement réuni la majorité prescrite par les articles 35 des statuts et 72 du règlement, sont adoptées. Le règlement modifié conformément au vote de l'Assemblée générale extraordinaire sera appliqué à partir du 1^{er} janvier 1900 (article 72 du règlement) ; en ce qui concerne les statuts, le Conseil d'administration fera les démarches nécessaires pour que les modifications proposées reçoivent dans le plus bref délai possible l'approbation du Gouvernement.

L'ordre du jour étant épuisé et personne ne demandant la parole, M. le Président lève la séance de l'Assemblée générale extraordinaire.

ACTES ADMINISTRATIFS

EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Séance du 17 janvier 1899.

Sont présents : MM. Tauzin, président; Baretta, Babu, Biéatrix, Brustlein, De Villaine, Grand'Eury, Harmet, Leseure, Murgue, Villiers, Voisin et Petit.

S'excusent : MM. Maximilien Evrard et Du Rousset.

Sont présentés et reçus membres de la Société : MM. Leharle, Ardizzzone, Compagnie des mines de Boléo, Morin, de Chambure, Breton, Delortte, Guillemin, Degangues, Lucius Carl Andersen, Société des mines de Czeladz, Potier Jules, Werthein, Valeriano Balzola, Villiers Henry, Denogent.

Le Conseil s'occupe de la composition de la 4^e livraison; il décide qu'elle sera composée :

- 1^o Du travail de M. Couriot;
- 2^o De la suite du Mémoire de M. Coignet (2^e partie);
- 3^o Des extraits des publications étrangères;
- 4^o Des documents administratifs.

La 1^{re} livraison de 1899 pourrait comprendre :

- 1^o La troisième partie du Mémoire Coignet;
- 2^o Une note de M. Goichot;
- 3^o La loi du 9 avril 1898 concernant les responsabilités des accidents;
- 4^o La liste générale des membres de la Société.

Le Conseil décide d'insérer : 1^o Un travail de M. Renault, membre de l'Institut, ayant pour titre : *Du Rôle des Micro-organismes dans la formation des combustibles fossiles*; 2^o la Monographie de l'Ecole des mines et ses Programmes. La Société fera don à l'Ecole d'un millier d'exemplaires de ce travail.

A l'occasion de l'Exposition de 1900, la Société offrira, comme en 1889, de se charger de la publication des travaux du Congrès international des mines et de la métallurgie.

Le Conseil fixe ensuite les sujets à mettre au concours en 1899.

Les membres de la Commission de comptabilité de 1898 sont réélus pour l'exercice 1899. M. Leseure est chargé de vérifier l'état de la bibliothèque et des collections.

Séance du 22 mars 1899.

Sont présents : MM. Tauzin, président; Baretta, Brustlein, Grand'Eury, Harmet, Hugot, Leseure, Mortier, Murgue, Du Rousset, De Villaine et Babu.

S'excusent : MM. Biéatrix, Evrard, Petit.

Sont présentés et admis membres de la Société : MM. Pitaval Robert, Denegri, Dantin, Lefèvre Louis, Thiry, Lormier Ch., Hutter Emmanuel.

Le Conseil s'occupe de la composition du Bulletin; il décide que la 2^e livraison de 1899 pourra comprendre :

- 1^o Le mémoire de M. Pasquet;
- 2^o Les règlements et programmes de l'Ecole des mines de Saint-Etienne;
- 3^o Le compte rendu de l'Assemblée générale;
- 4^o Les documents administratifs.

Le Conseil décide de proposer la nomination comme membres du Conseil d'administration de MM. Friedel, Charvet et Michalowski, en remplacement de MM. Tauzin, nommé président, Lebreton, démissionnaire et Wery, décédé. Il décerne une médaille d'or à M. Martinet pour son mémoire sur les méthodes d'exploitation et les installations des mines de Commentry. Il regrette que M. Coignet, déjà titulaire d'une médaille d'or, ne puisse être proposé pour cette récompense, à raison de la publication de son important travail sur le traitement des minerais d'or.

Le Conseil examine enfin les diverses modifications au règlement de la Société qu'il y aurait lieu de soumettre à une Assemblée générale extraordinaire.

Séance du 18 avril 1899.

Sont présents : MM. Tauzin, président; Babu, Biéatrix, Evrard, Grand'Eury, Murgue, Petit, Voisin et Villiers.

S'excusent : MM. Baretta, Brustlein, Harmet, Hugot et de Villaine.

Sont présentés et reçus membres de la Société : MM. Charpy et Angles-Dauriac.

Le Conseil décide d'apporter certaines modifications au rapport qui lui est présenté sur la situation financière de la Société, et notamment d'arrêter cette situation à la fin de l'exercice 1898, c'est-à-dire en tenant compte des dépenses et des recettes afférentes à la totalité de cet exercice.

Une Assemblée générale extraordinaire sera tenue aussitôt après l'Assemblée générale ordinaire; on y proposera la revision d'un certain nombre d'articles du règlement et des statuts, notamment des articles 32, 33 et 64 du règlement qui avaient été renvoyés à la Commission.

Le Conseil vote à l'unanimité une somme de 1000 francs pour le Congrès géologique international de 1900.

Le Secrétaire du Conseil,

P. PETIT.

LISTE

DES

PUBLICATIONS REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

1° Publications périodiques.

Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, 2^e série, tome X.

Annales des Mines, 12^e livraison 1898, 1^{re}, 2^e, 3^e, 4^e, 5^e et 6^e de 1899.

Annales des Ponts et Chaussées (1^{re} partie) 4^e trimestre 1898, 1^{er} 1899 et **Personnel**. — (2^e partie) Décembre 1898, janvier, février, mars, avril, mai et juin 1899.

Annales des Mines de Belgique, tome IV, 2^e et 3^e livraisons.

Annales de la Société d'Agriculture du département de la Loire, 3^e et 4^e trimestres 1898 et 1^{er} trimestre 1899.

Association amicale des Anciens Elèves de l'Ecole nationale supérieure des Mines, numéros de janvier, février, mars, avril, mai, juin 1899 et 34^e annuaire.

Association française pour l'avancement des Sciences.

Bulletin du Comité des Forges de France, de 1410 à 1486.

Bulletin du Comité des Houillères de France, de 1660 à 1747.

Bulletin de la Société d'Encouragement, numéros de janvier, février, mars, avril, mai et juin 1899 et annuaire 1899.

Bulletin de la Société Belge de Géologie, tome XII, fascicule I.

Bulletin de la Société Géologique de France, 3 numéros.

Bulletin technologique de la Société des Anciens Elèves des Ecoles nationales d'Arts et Métiers, février, mars, avril, mai, juin, juillet et août 1899.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, février-mars-avril, mai-juin-juillet 1899.

Bulletin de l'Office du travail, janvier, février, mars, avril, mai, juin et juillet 1899.

Bulletin de l'Union des Charbonnages de la province de Liège, n^o de décembre 1898, et janvier-mars 1899.

Bulletin de la Société Industrielle du Nord de la France, 2^e trimestre 1898 et séance solennelle du 15 janvier 1899.

Echo des Mines et de la Métallurgie, 41 numéros.

Journal des mines de Russie, 5 numéros.

- Jurisprudence de Dalloz, 23^e-24^e cahiers 1898, 1^{re}, 2^e, 3^e, 4^e, 5^e, 6^e, 7^e, 8^e, 9^e et 10^e cahiers 1899.
- L'Aluminium, 5 numéros.
- La Nature, 42 numéros.
- Le Génie Civil, 42 numéros.
- Mémoires publiés par la Société des Ingénieurs civils, 1^{re} série, février, mars, avril, mai et juin 1899 et annuaire 1899.
- Publications de la Société des Ingénieurs du Hainaut, 1^{re} série, 3^e et 4^e fascicules et hommage à la mémoire de son président, Alphonse Briart.
- Revue de la Législation des Mines, numéros janvier-février, mars, avril, mai-juin, 1899. Statistique.
- Revue universelle des Mines et de la Métallurgie, février, mars, avril, mai, juin et juillet 1899.
- Résumé des séances de la Société des Ingénieurs civils, 2^e série, 3 et 17 mars, 7 et 21 avril, 19 mai, 30 juin, 7 et 21 juillet 1899.
- Société Géologique du Nord, 4^e livraison 1898 et 1^{re} livraison 1899.
- Société d'Histoire naturelle d'Autun, 10^e Bulletin 2^e partie, 1^{re} partie.
- Annals of the New-York Academy of sciences, volume XI, 1898.
- Bergens museums aarbog.
- Boletin de Minas industria y construcciones, 1 número.
- Boletin de la Sociedad nacional de Minería.
- Buletin of the Geological institution of the university of London, 1898.
- Giornale del Genio civile, 3 numéros.
- Home Office. Statistiques.
- Jahrbuch der K. K. Bergakademien zu Leoben und Příbram, 3^e série, 1898.
- Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt, 6 numéros.
- Jern-Kontorets Annaler, 2 numéros.
- Journal of the Iron and Steel Institute, n^o 1 de 1899.
- Journal and proceedings of the Royal Society of New South Wales, 1898.
- Memoirs and proceedings of the Manchester literary and philosophical society, vol. 43, 1^{re} et 2^e parties.
- Minutes of proceedings of the Institution of civil Engineers, 1898, tomes 135 et 136.
- North of England Institute of Mining and mechanical Engineers, 1898.
- Proceedings of the South Wales Institute of Engineers, 1898, mars et juin 1899.
- Records of the geological survey, vol. VI, part. II.
- Revista minera, 42 numéros.
- Smithsonian report, U. S. seventeenth annual report, 10 volumes.
- Stahl und Eisen, 15 numéros.
- Transactions of the American Institute of Mining Engineers, 1898, 43 fascicules.

Transactions of the north of England institute of mining and mechanical engineers, 6 numéros.

Transactions of the New-York Academy of sciences.

The Colliery Guardian, 42 numéros.

The Engineering and mining Journal, 41 numéros.

The Proceedings and transactions of the Nova Scotian Institute of science, Halifax, Nova Scotia, volume IX.

United-States geological survey, 10 volumes.

Verhandlungen der K. K. geologischen Reichsanstalt, 4 numéros.

Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 2 numéros.

Zeitschrift für praktische Geologie, 7 numéros.

Zeitschrift für das Berg-Hütten U. Salinen-Wesen, 3 numéros.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 41 numéros.

2° Dons faits à la Société.

Annales de la Société d'agriculture, sciences et industrie de Lyon.
7^e série, tome 5, 1897.

Mémoires de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon,
3^e série, tome 5.

Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1898, par l'Office du travail.

Résultats statistiques du recensement des industries et professions,
tome I, introduction.

Les accidents survenus dans les cheminées d'exploitation pendant les années 1884 à 1898 inclusivement.

Traité d'exploitation des mines de houille, tome III, par Dufrane et Demanet, donné par M. Baudry.

Mission au Laos et en Annam, par J.-M. Bel.

Journal « Le Mexique », 27 numéros.

Rapport de l'Institut, W. Schimmelpfeng, janvier 1899.

Jahrbuch für das Berg-und Hüttenwesen, par C. Menzel.

Yearbook of the Department of agriculture Washington.

The engineering magazine, 5 numéros.

Application of mechanics to engineering practice, par Barr.

The rarer métaux and their alloys, par W. Chandler, Roberts-Austen.

Earth-crust movements and their causes, par Joseph Le Conte.

Crater lake Orégon, by J. S. Diller.

Diamonds, by William Crookes.

Fluorine, by Henri Moissan.

Rising of the land around Hudson Bay, by Robert Bell.

The age of the Earth as an abode fitted for life, by Lord Kelvin.

SUPPLÉMENT

A LA LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

AU 15 AOUT 1899.

CHANGEMENTS D'ADRESSE

- Assenat** (EMILE), chef de service, Société de la Vieille-Montagne, à El-Akhout, par Téboursouk (Tunisie).
- Bouriez** (JULES), ingénieur, 84, rue des Ailes, à Bruxelles (Belgique).
- Bousquet** (G.), ingénieur, inspecteur des mines de la République Sud-Africaine, délégué de la Chambre des mines de la République Sud-Africaine à l'Exposition de 1900, 9, rue Boudreau, Paris.
- Carteron**, ingénieur, directeur des mines d'Annezin, à Béthune (Pas-de-Calais).
- Castellan**, ingénieur civil des mines, 52, quai de Billy, Paris.
- Chaillet**, ingénieur de la Société Houillère de Flines-lez-Raches, à Anhiens, par Raches (Nord).
- Chevallier** (L.), ingénieur civil des mines, 27, rue de la Chaise, au Creusot (Saône-et-Loire).
- Deulin** (NESTOR), ingénieur-directeur des charbonnages de Gossoudaïref-Baïrack, à Baïrack (Gorlowka), gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie).
- Garnier** (JULES), ingénieur civil, 47, rue de Clichy, Paris.
- Guillemin** (HENRI), ingénieur, E. C. P., A. et M., ingénieur-construc-teur, anciennes usines James Traill, à Albert (Somme).
- Hardy** (E.), ingénieur civil des mines, 6, avenue Jules-Janin, Paris.
- Holtzer** (PAUL), ingénieur à Saint-Gervais (Puy-de-Dôme).
- Jeandon** (EMILE), contrôleur des mines, 30, rue de l'Aigle-Noir, à Vesoul (Haute-Saône).
- Laigneaux** (C.), ingénieur à Trèves (Allemagne).
- Leproux**, ingénieur au Corps des mines, 6, rue Bara, Paris.
- Pérard** (CHARLES), ingénieur, chef de service des hauts-fourneaux, des forges et aciéries du Donetz, à Droujkwka, gouvernement d'Ekaterinoslaw (Russie).
- Peyralbe**, ingénieur de recherches d'anthracite, à la Motte-d'Aveillans (Isère).
- Prest**, ingénieur au Corps des mines, directeur de la Compagnie des phosphates de Gafsa (Tunisie).
- Reich**, ingénieur à la Société Levallois-Perret, 26, rue Buffault, Paris.
- Nivet** (E.), ingénieur au Corps des mines, 4, rue d'Argentré, Nantes (Loire-Inférieure).

Saladin, ingénieur chez MM. Schneider et C^e, Le Creusot (Saône-et-Loire).

Treuffet (Jules), ancien maître de verreries, à Dorigny-les-Douai (Nord).

NOUVEAUX MEMBRES

Delcroix (Léon), négociant, place Saint-Jacques, à Douai (Nord).

Jimet (Léon), 87, boulevard Saint-Michel, Paris.

Jourdan, ingénieur principal des mines de Nœux (Pas-de-Calais).

Journolleau (Louis), ingénieur des Arts et Manufactures, 10, quai de l'Amirauté, à Saint-Petersbourg (Russie).

Journolleau, à Grasse (Alpes-Maritimes).

La Chesnais, capitaine à l'usine Saint-Jacques, à Montluçon (Allier).



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

ÉTUDE
SUR LE
BASSIN HOUILLER DE LA LOIRE

DEUXIÈME PARTIE
EXPLOITATION DES COUCHES DE MOYENNE PUISSANCE

Par M. H. PASQUET,
Ingénieur aux Mines de Roche-la-Molière et Firminy.

AVANT-PROPOS

L'étude que nous présentons ici concerne l'exploitation des couches moyennes de houille, c'est-à-dire ayant de 3 à 6 mètres d'épaisseur. Elle complète la première étude que nous avons faite sur l'exploitation des couches puissantes, avec laquelle elle a d'ailleurs une certaine analogie.

Cet ouvrage comprend comme le premier deux parties : l'une descriptive, où nous réunissons les principaux exemples que peut montrer cette exploitation ; dans l'autre partie, sans refaire une analyse de l'exploitation des couches moyennes qui serait semblable à celle de l'exploitation des grandes couches, nous établissons surtout les caractères distinctifs de ces deux exploitations.

GRANDE COUCHE MALAFOLIE

NATURE DE LA COUCHE

La grande couche Malafolie, qui affleure à la Malafolie à la cote moyenne 470, est reconnue sur 380 mètres en profondeur. Le champ d'exploitation descend en effet à la cote 135 et la recherche poussée actuellement en aval, à la cote 90. Ce champ s'étend de l'Est à l'Ouest sur 1.375 mètres (PL. VI, Fig. 1) entre les premiers gradins de la Faille de la Renaudière et la Faille de Labarge.

La couche a une direction Nord-Ouest-Sud-Est.

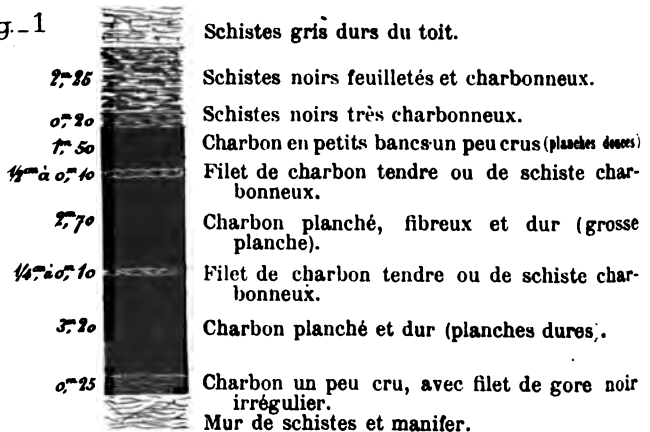
Son pendage moyen est de 25°, variant de 5° à 40°.

La puissance moyenne est de près de 5 mètres.

Dans la région Ouest la couche atteint jusqu'à 7 mètres, comme dans le quartier Layat Nord-Ouest (1), ou dans le quartier Monterrad, ainsi que le représente la coupe ci-dessous (Fig. 1) par le travers-bancs Monterrad, à la cote 234.

En allant vers l'Est, la couche se réduit à moins de 4 mètres, et le charbon en devient en partie schisteux.

Fig. - 1



(1) 1^{re} Partie : Exploitation des couches de houille de grande puissance.

La couche ne comprend ordinairement qu'un seul banc, formé de planches d'ailleurs différentes, feuilletées et un peu crues au toit, fibreuses et de première qualité au milieu de la couche, également de belle qualité au mur, mais nerveuses sur celui-ci. Près du mur, à l'Ouest, le charbon est barré d'un filet de gore noir ou gris d'ailleurs très variable. A l'Est, on a un entre-deux de gore gris plus important, atteignant 1^m,20 environ d'épaisseur.

On a de plus au toit, dans la région O., une *petite couche* d'allure et de puissance très variables, généralement mince, inférieure à 1 mètre, de charbon schisteux, et inexploitable économiquement. Dans certains quartiers elle a cependant jusqu'à 4 mètres de charbon de bonne qualité. Dans d'autres, comme au travers-bancs Monterrad, elle est entièrement schistifiée. L'entre-deux avec la grande couche varie de même beaucoup, les deux couches se mariant entre elles en plusieurs points, en d'autres étant séparées de schistes gris ou de gore dur, atteignant 15 mètres d'épaisseur, comme à Layat.

A l'Est, cette petite couche n'est pas déterminée, à moins qu'elle ne soit le banc du toit mentionné plus haut, celui-ci ayant 1^m,20 de puissance (1).

Le charbon appartient au type des charbons à gaz proprement dits, contenant 36-38 % de matières volatiles. La couche est grisouteuse.

(1) Il y a là un fait remarquable : les 3 grandes couches du bassin de la Malafolie, à savoir : grande couche du Ban, ou 3^e du système de Gruner, grande couche Malafolie ou 8^e, grande couche du Soleil ou 15^e, sont toutes trois surmontées d'une petite couche d'ailleurs très variable. Ces trois couches généralement régulières dans leur ensemble correspondent dans le bassin de la Loire à 3 horizons géologiques. Cette formation secondaire au toit de chacune d'elles en un dépôt irrégulier est donc caractéristique. Elle n'est du reste pas encore nettement expliquée.

Régulière dans son ensemble et formée de charbon dur, elle est affectée par de grands accidents qui en modifient alors l'allure ainsi que la nature.

1. A l'Est, près de l'affleurement, la couche est formée d'une série de gradins dérivés d'une faille secondaire encore peu connue et qui la rejetterait en profondeur; elle est amincie; le charbon en est schisteux et peu dur. En descendant, la couche est plus régulière, mais encore limitée à une zone accidentée. A la cote de Monerrad, 234, la couche s'infléchit vers le toit. A la cote du niveau de roulage E. Malafolie, 135,50, les recherches poursuivies de ce côté ont buté, en grande couche, comme en 2° située immédiatement au mur, à un accident rejetant les 2 couches au toit, étant peut-être un gradin précurseur de la faille de la Renaudière (1) encore indéterminée. C'est d'ailleurs contre des gradins à pendage analogue qu'ont été arrêtées les exploitations en 2° et 3° couches Malafolie par les puits Adrienne et Monerrad. Leur inclinaison est voisine de 45°, alors qu'au puits Malafolie l'accident n'est pas très net, et son inclinaison n'étant que de 30°.

2. Au milieu du champ d'exploitation on rencontre ensuite la faille de l'Ondaine, accident prenant naissance vers la cote 400, croisant la couche du Sud au Nord, la rejetant au mur de l'Est à l'Ouest, l'amplitude du rejet allant en croissant en profondeur, et atteignant 50 mètres environ à la cote 200. Cette faille transversale comme celle de la Renaudière, a la même plongée; elle est aussi formée de plusieurs gradins d'un pendage moyen de 40°. Ceux-ci sont croisés par d'autres gradins en direction de couche d'ailleurs peu importants. Dans cette région le charbon est généralement peu dur.

(1) D'après Gruner : *Etude sur le bassin houiller de la Loire.*

3. Vers l'Ouest et en amont le champ d'exploitation est traversé d'une série de gradins à peu près en direction dont l'ensemble constitue l'accident de Layat ; la faille-mère de celui-ci, encore indéterminée, se trouve au voisinage de l'affleurement, rejetant la couche en profondeur vers le Nord-Est avec une amplitude de près de 15 mètres seulement. L'amplitude des gradins n'est que de quelques mètres. Dans ce quartier, le charbon est dur, mais la charge est importante.

On est de plus limité vers le Nord par l'accident de Labarge dont la faille-mère croise le travers-bancs Monerrad, cote 234 à 972 mètres Nord de l'axe du puits Monerrad : cette faille rejette la couche à une profondeur encore inconnue. Le tranchant en est à peu près vertical à cette cote. La direction générale de cet accident, dont on ne connaît encore que des gradins en grandes couches Malafolie (8°) et du Ban (3°), est sensiblement Est-Ouest comme celle de ces couches alors infléchies. L'accident en question est le plus important puisqu'il limite le bassin de la Malafolie vers le Nord. Nous verrons, en effet (1), comme d'ailleurs les systèmes des failles de la Renaudière, de l'Ondaine et de Layat, mais ceux-ci à un degré moindre, qu'il affecte les autres couches du faisceau de la Malafolie (2°, 3° et 4°).

Les gradins en sont le plus souvent très inclinés et très rapprochés, hachant pour ainsi dire la couche dont l'exploitation est par suite souvent aussi rendue difficile, le charbon étant alors menu, d'autant plus que les rejets ont été accompagnés de glissements ayant bouleversé la couche. On a, de plus, beaucoup de grisou le long de cette zone et la couche y est généralement amincie ; elle est d'autant plus accidentée qu'on descend.

(1) 3^e Partie : Exploitation des couches minces.

CHAMP D'EXPLOITATION

Sans entrer dans le détail des travaux exécutés à l'affleurement de la couche (quartier de Layat) ou à peu de profondeur (quartier de la Malafolie), et pour ne considérer ici que la période d'exploitation rationnelle, le champ comprend 4 régions :

1. *R. Monterrad 1* avec les quartiers de Layat et de Teyssier, entre la faille de Layat et la cote 370, c'est-à-dire descendant de 100 mètres environ, la faille de Labarge à l'Ouest et une faille secondaire à l'Est.

Ces travaux commencés en 1863, arrêtés en 1870 à la suite de feux, ont été repris par le puits Monterrad 2 en 1893. Nous avons décrit l'exploitation ancienne et actuelle du quartier de Layat, où la couche dépasse 6 mètres de puissance, en étudiant l'exploitation des couches puissantes de houille. Nous ne parlerons donc que de l'exploitation dans le quartier de Teyssier, où la couche a une puissance un peu supérieure à 4 mètres.

2. *R. Adrienne*, comprenant la zone Est du bassin de la Malafolie entre l'affleurement et la cote 366, c'est-à-dire sur 125 mètres environ en profondeur, la faille Ouest de Chapelon et les premiers gradins d'une faille Est secondaire.

3. *R. Monterrad 2*, entre les niveaux Adrienne et Monterrad, soit environ de 125 à 250 mètres de profondeur, les gradins de la faille de Labarge à l'Ouest, et ceux de la faille de la Renaudière ; divisée en 3 quartiers : de Labarge, de l'Ondaine et de Saint-Thomas.

4. *R. Malafolie*, entre les niveaux Monterrad et Malafolie, soit environ de 250 à 350 mètres de profondeur, et les gradins des mêmes accidents extrêmes Est.

et Ouest. Les 2 quartiers Est et Ouest sont séparés par la faille de l'Ondaine.

L'exploitation de la région Malafolie, la plus récente, présentant seule un caractère général, devrait seule rentrer dans le cadre de cette étude. Néanmoins les autres exploitations sont intéressantes à décrire, soit comme montrant les différentes phases par lesquelles on est arrivé aux méthodes actuelles (R. Adrienne et Monerrad 1-2), soit comme cas particuliers : reprise méthodique de vieux travaux (quartier Teyssier), glanages dans ceux-ci (quartier Adrienne).

ANCIENNES MÉTHODES D'EXPLOITATION

1. *R. Adrienne*. — En partant du puits Adrienne, cote 366, l'exploitation a consisté au début à tracer au mur de la couche un niveau de base avec niveau conjugué à 15-20 mètres en amont, reliés l'un à l'autre pour l'aérage par des remontes prises d'ailleurs à des distances variables. Sur ce niveau on branchait tous les 100 à 200 mètres des plans de desserte menés en montant, avec remonte conjuguée pour l'aérage, ou non, jusqu'au niveau supérieur de Chapelon, pour le retour d'air et la desserte des bois et des remblais. Sur ces plans on créait des niveaux intermédiaires, bases de chantiers pris par *dépilages inclinés*, en chassant ou en rabattant, et généralement en montant, ce qui était rationnel, le charbon étant planché, dur, la couche n'ayant que 3 à 4 mètres et le pendage ne dépassant pas 30°.

Dans la suite, quand on généralisa en couches de moyenne puissance l'emploi des *tranches horizontales* d'abord adoptées dans les grandes couches ou dans les couches irrégulières et accidentées, trop inclinées ou chargeant beaucoup, aux dépilages inclinés ont succédé

les tranches horizontales de 2 mètres à 2^m,30, les chantiers étant pris par traçages de part et d'autre du plan de desserte jusqu'aux limites d'exploitation, revenant ensuite par rabatages en recoupes ou en tailles au mur et au toit, les remblais suivant en arrière.

On prenait les sous-étages en montant, ainsi que les tranches.

On tenait, en effet, à faciliter l'abatage par le desserrage du charbon. D'autre part les travaux de dépilage restant pendant un certain temps au voisinage du niveau de base on n'avait pas besoin d'un très grand développement de travaux préparatoires. Pour obtenir une extraction assez importante eu égard aux frais généraux d'entretien, on avait 2 à 3 sous-étages simultanément le long de chaque plan. Mais afin de ne pas trop découper celui-ci, et pour éviter par suite un surcroît d'entretien, on avait tendance à prendre des sous-étages de 5 à 6 tranches au moins, et parfois de 9 et 10, ce qui a été reconnu depuis excessif et cause fréquente d'incendie. En effet, l'inconvénient des dépilages montants est de trop disloquer le charbon en amont, lequel laisse alors filtrer l'air.

Un autre inconvénient de la méthode montante était que, dans les zones où le charbon déjà peu dur allait en se schistifiant, comme ici à l'amont-pendage, le bris du charbon en rendait le triage difficile.

De plus, bien que la couche se réduisît parfois à 1^m,50, avec toit de schistes charbonneux, les craintes d'échauffement n'en restaient pas moindres.

2. *R. Monterrada 2.* — Entre les niveaux Monterrada 1 et Monterrada 2, où la couche était plus variable au début, on a de même dépilé par *tailles inclinées*, même dans les zones irrégulières et on peut dire quelle que soit la puissance de la couche, ainsi que nous l'avons

fait remarquer dans l'exploitation des couches puissantes.

On considérait ainsi l'abatage suivant les bancs (la couche étant ici bien planchée, avec 4 à 6^m de puissance et un pendage variant de 20 à 30°) comme le plus aisé, et la facilité à donner à l'abatage était d'autant plus importante à cette époque, que l'on ne disposait comme explosifs que de poudre noire flambante, et qui, par conséquent, dangereuse dans les quartiers grisouteux, ne devait autant que possible pas être employée.

Comme à Adrienne et pour les mêmes raisons, la méthode horizontale fut généralisée, il y a 18 ans environ, bien que moins avantageuse pour l'abatage, plus onéreuse dans son ensemble, exigeant un boisage plus soigné, un roulage bien établi et un remblayage mieux fait. De même, à la suite de nombreux incendies, on ne tarda pas à renoncer à la méthode montante. Actuellement, depuis 6 à 8 ans, dans les divers quartiers de la Malafolie, on prend toujours les sous-étages en descendant, les réduisant à 6 tranches au plus dépilées en montant ; dans les nouveaux quartiers on se limite même couramment à 3 tranches de 2^m,50. Exceptionnellement, comme nous le verrons dans le quartier de Teyssier, R. Monterrad 1, on dépilo sous-étages et tranches en montant à cause des eaux, dont on se protège au fur et à mesure de l'exploitation par des niveaux de sondage convenablement répartis.

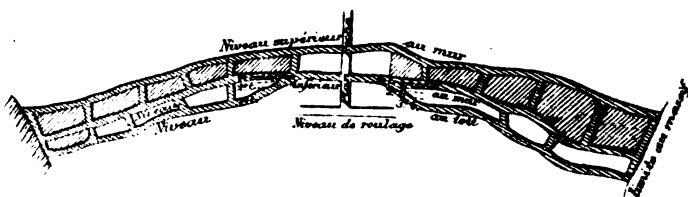
Nous citerons pour terminer les 2 exemples suivants :

1. Dans le quartier de l'Ondaine ouest où l'on dépilait par tailles inclinées, on prenait de part et d'autre des plans de desserte des massifs de 15^m suivant le pendage, comprenant 2 et 3 tranches de 2 mètres d'épaisseur enlevées du mur au toit. On déterminait l'allure de la couche et par suite le nombre de tranches par un niveau

de base au toit mené de part et d'autre du plan en même temps que le niveau du mur (Fig. 2 ci-jointe). Chaque taille était comprise entre un niveau de base et un niveau supérieur, tous deux au mur de la couche pour la 1^{re} tranche, et raccordée à ceux-ci, pour les suivantes, par des travers de desserto. Le massif était découpé au fur et à mesure de l'avancement des traçages, tous les 15 à 25 mètres, par des remontes pour l'aérage. Puis on enlevait les piliers ainsi formés en rabattant. Les traçages marchaient ordinairement par deux piqueurs et les tailles de 15 mètres de front par 6.

G^{de} C^{he} Malafolie
 Quartier de l'Ondaine
 P^{ts} Monterrad N^o 2
Ancienne Exploitation par tranches inclinées
Echelle 1/3000

Fig. 2



2. Dans le même quartier, à l'Est, l'exploitation prise par tranches horizontales était caractérisée par la très grande activité donnée aux dépilages. Ainsi, au 1^{er} plan, on avait jusqu'à 6 sous-étages en marche, ceux-ci de 3 à 5 tranches. Dans chaque sous-étage on ne dépilait qu'une seule tranche ; celle-ci, par 6 piqueurs, ne durait que 3 mois (traçage sur 100^m en direction de part et d'autre du plan et rabatages). On avait donc un dépilage actif, produisant 200 tonnes environ, mais l'entretien du plan ainsi découpé était considérable.

EXPLOITATION ACTUELLE DANS LA RÉGION MALAFOLIE

Nature de la couche. — La grande couche présente ici une allure très variable, en particulier le long de la faille de Labarge au nord-ouest, de la faille de l'Ondaine au milieu du quartier, et des premiers gradins de la faille de la Renaudière à l'Est.

Ici, la puissance est voisine de 5 mètres, atteignant parfois 6 mètres; dans les zones accidentées, on a fréquemment moins de 4 mètres, et le pendage, de 30° en moyenne, atteint alors 45°.

La couche est grisouteuse, surtout le long de ces accidents. Le charbon est peu dur; dans les zones accidentées, il est menu, même poussiéreux et sans stratification nette. La région est entièrement sèche.

A l'Ouest, la petite couche au toit dont il a été parlé est aussi très variable, réduite tantôt à un filet ou tantôt présentant jusqu'à 1^m, 20 de charbon cru et schisteux, l'entre-deux étant des schistes noirs charbonneux ou gris, avec parfois des bancs de manifer, et atteignant 3 à 4 mètres. Ces schistes donnent lieu à une charge considérable dans le quartier et ne sont pas sans danger au point de vue des feux.

A l'Est on n'a pas rencontré cette petite couche.

Champ d'exploitation et travaux d'aménagement.

— Le quartier Ouest est compris entre la faille de Labarge et celle de l'Ondaine; son étendue est de 400 mètres en direction. On a ensuite une zone stérilisée par la faille de l'Ondaine, de 100 mètres en moyenne, en direction. Le quartier Est a 500 mètres de largeur entre cette faille et les premiers gradins de l'accident de la Renaudière.

L'étage comprend 100 mètres entre les niveaux de roulage Monterrad et Malafolie.

Pour le roulage et l'aérage, ces niveaux sont raccordés par des plans situés au mur de la couche desservant des massifs ayant généralement 100 mètres de part et d'autre.

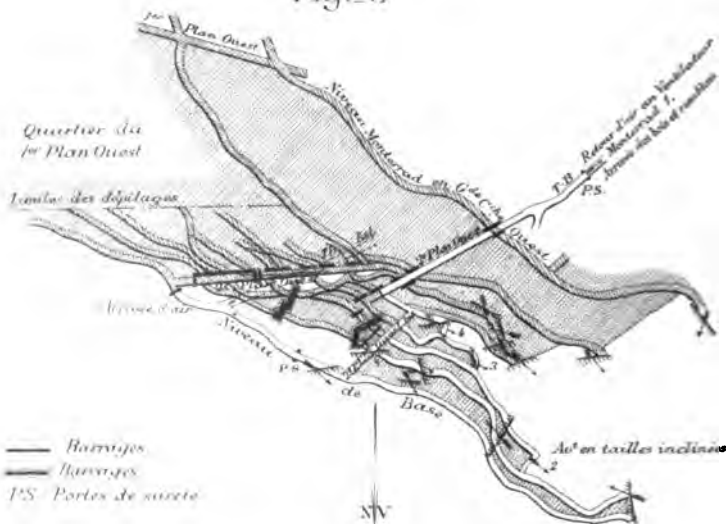
Le quartier Ouest est desservi par le niveau de base et le travers-bancs S. allant au puits Malafolie d'extraction et d'entrée d'air; par le niveau supérieur Monterrad 2 d'arrivée des bois et des remblais et de retour d'air au puits et ventilateur Monterrad 1. (Fig. 3 ci-jointe.)

Exploitation de la G^de C^{he} M^{ie}

Région Ouest
P^{ts} Malafolie

Echelle 1/3000

Fig. 3



Le quartier Est est desservi par le puits Malafolie, comme à l'Ouest, et le niveau supérieur de l'Ondaine pour les bois et les remblais descendus par le puits de l'Ondaine, le retour d'air se faisant par ce puits et le ventilateur de l'Ondaine. (Pl. VI, Fig. 16.)

Méthode et conditions d'exploitation. — Dans les zones où la couche est la plus importante et la plus régulière, on dépile en *tranches horizontales* par la méthode dite par *traçages rabattants* ; dans les zones amincies et irrégulières on marche au contraire par *tailles inclinées chassantes*.

1. Méthodes par tranches horizontales et traçages rabattants. — On procède par sous-étages descendants, ceux-ci ayant eu au début jusqu'à 6 tranches et actuellement étant de 3 tranches de 2^m,50. On dépile simultanément 2 ou 3 sous-étages, mais dans chacun d'eux on ne prend qu'une tranche en dépilage en même temps qu'on prépare la suivante au-dessus, assurant ainsi par quartier une extraction moyenne de 100 tonnes. Outre le plan et les niveaux inférieur et supérieur de desserte, des remontes Est et Ouest situées aux extrémités du quartier raccordent les différents sous-étages entre eux et répartissent l'aérage dans les tranches.

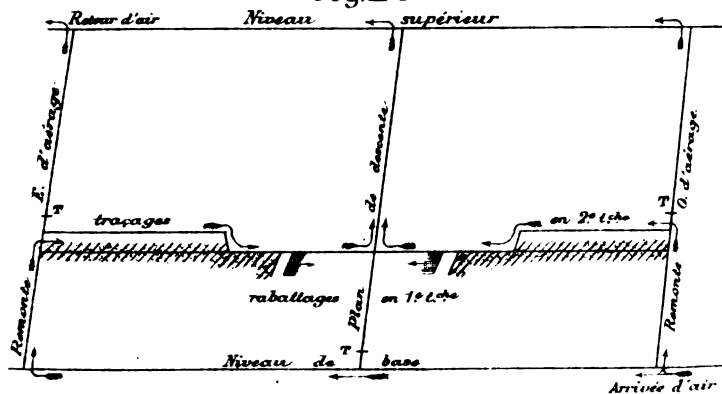
La méthode est dès lors la suivante. (Fig. 4.)

Exploitation de la G^de C^{he} Malafolie

Quartier E. du P^{ls} Malafolie

Méthode par traçages rabattants en tranches horizontales

Fig. — 4



En 1^{re} tranche de sous-étage, on part en traçage au mur, du plan de desserte jusqu'à la remonte correspondante d'aérage, et en même temps on prend tout le charbon sous le toit en marchant en taille, si la charge n'est pas trop considérable, sinon on dépile par recoupes. La traversée de la couche n'est d'ailleurs jamais importante, en sorte que la plupart du temps on marche par un seul front en niveau et sous le toit. La remonte atteinte, on revient vers le plan par rabatage au mur, en même temps qu'on trace le niveau de roulage au mur de la 2^e tranche, les remblais en aval suivant en arrière au fur et à mesure de l'avancement.

Ce niveau créé et aménagé, on prend en chassant le charbon du toit ou bien on revient par rabatage de la remonte vers le plan, et par un 2^e chantier de 5 à 10 mètres en arrière on prend le charbon du mur en faisant simultanément le traçage au mur du niveau de desserte de la 3^e tranche et ainsi de suite.

On a donc un dépilage assez actif et continu.

Ainsi dans une tranche de 4 à 6 mètres de traversée on a généralement 8 piqueurs répartis à l'Est et à l'Ouest du plan, faisant 12 bennes en traçage (b. 500 k.), 15 en dépilage, soit 55 tonnes, et la durée d'exploitation est de 2 mois seulement pour un champ de 150 mètres.

Cette activité convient bien ici, où le charbon est menu, afin de réduire autant que possible l'entretien, et pour ne pas donner au charbon sec et souvent poussiéreux le temps de s'échauffer.

Mais le mode de traçage rabattant offre une certaine difficulté de boisage, surtout si le mur est schisteux et accidenté. Ce boisage a, en effet, près de 4 mètres de hauteur, à savoir :

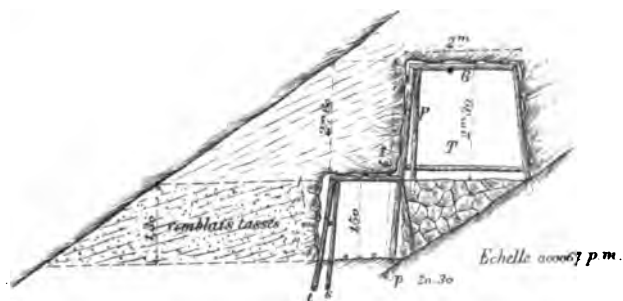
1^{re} tranche 1^m,30 de hauteur réduite après tassement des remblais et par suite de la charge.

2^e tranche, 2^m,50, hauteur de la tranche et 20 à 30 centimètres de pottes.

Il est d'ailleurs très soigné ainsi que le montre le croquis de détail. (Fig. 5 ci-dessous.)

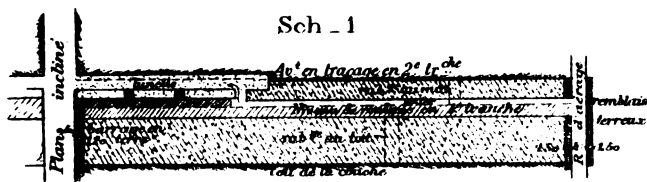
On boise en cadres C, doublés, les emplacements étant faites au solide *p*, ou reposant sur tassots *t*; avec porteuse de 2^m,60 à 3 mètres reposant sur semelles *s* de

Fig. 5 Boisage d'un chantier par traçage rabattant

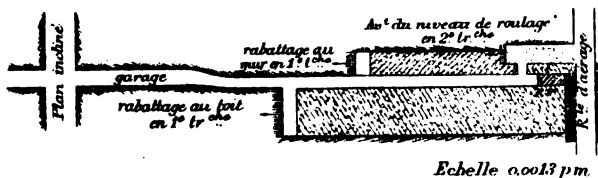


Méthode par traçage et rabattage

Sch. 1



Sch. 2



3 à 4 mètres, du côté du toit en vue du 1^{er} rab. S'il est nécessaire, on longrine de même du côté d et l'on tire, T. Le ferrage du niveau n'est exécuté qu'une fois celui-ci tracé et la plaque dans le plan.

Or, dans un quartier en charge, il faut de gros avec semelles, longrines, tendards et tirants, revient assez cher.

Cas particuliers. — Dans les quartiers char beaucoup cette méthode doit cependant être rest surtout si en outre on a de l'eau.

Ainsi nous avons vu, à propos de l'exploitation grande couche Labarge (1) où le charbon est mouillé et où la charge est considérable, qu'on n'avait pas procédé ainsi à cause de la trop grande culté de boisage, le quartier glissant en masse.

Dans la méthode par *tracage et rabatage* employée, on fait le rabatage au mur en fin de de tranche, on remblaie et l'on trace directement le niveau de roulage de la tranche suivante en plan dont on a élevé la plaque. On marche ainsi jusqu'à la remonte d'aérage correspondante, l'aérage assuré par le niveau inférieur qu'on longe et où on laisse une gaine en raccord avec cette rem (Fig. 5, schéma 1.)

Cette gaine est d'ailleurs remblayée au fur mesure de l'avancement. La dépense de boisage plus importante, mais la sécurité est plus grande.

Si la charge n'est pas excessive, ou si l'on est dangereux, au point de vue des échauffements, on conserve une gaine, cause d'infiltration d'air. Dans les travaux, on adopte la variante suivante

(1) 1^{re} Partie : Exploitation des couches puissantes de h

méthode par traçages et rabatages (schéma 2, Fig. 5). Le niveau de roulage étant tracé en première tranche de sous-étage, par exemple du plan à la remonte d'aérage correspondante, on fait les rabatages au toit et au mur, le premier chantier marchant à 5 mètres au moins en avant du deuxième, pour réduire la charge, des remblais suivant en arrière par toute la tranche. En même temps, en partant de la remonte, on trace le niveau de roulage au mur de la deuxième tranche supérieure, en longeant celui de la première tranche, tout en restant sur les remblais, la desserte du charbon se faisant à celui-ci par des lunettes avec couloirs servant en même temps de retour d'air. Dans de tels quartiers, à cause de l'entretien, il ne faudra guère dépasser 50 à 75 mètres en direction de part et d'autre du plan de desserte.

En résumé, la méthode par traçages rabattants est bonne dans les couches inflammables ou demandant un entretien important, pour obtenir un défilage actif ; dans les quartiers chargeant trop (charge, eaux) ou très accidentés, il sera plus prudent de recourir à la méthode par traçages et rabatages en adoptant l'une ou l'autre de ces variantes.

2. *Méthode par tailles inclinées chassantes.* — Dans le quartier O (Fig. 3 ci-avant), du côté du puits Malafolie, la couche a 4 mètres à 5^m,50 de puissance avec une pente de 30° ; du côté de la faille de Labarge la couche est amincie à moins de 4 mètres et son pendage dépasse souvent 45°.

Le plan de desserte se trouvant au milieu, on dépile en tranches horizontales par traçages rabattants la zone régulière, et la zone accidentée par tailles inclinées chassant sur un front de 10 mètres,

chaque taille O, correspondant à deux tranches horizontales E, celles-ci de 2^m,50 de hauteur. On prend à trois tailles simultanément en partant de la

Ces tailles n'ont que 10 mètres à cause de la lenteur de leur avancement, et de la charge de charbon étant ébouleux. Dans chacune d'elles (1, 7 et 8), on s'avance par recoupes successives de 2 mètres de largeur prises en descendant, par 4 piqueurs

Fig. 6



Fig. 7

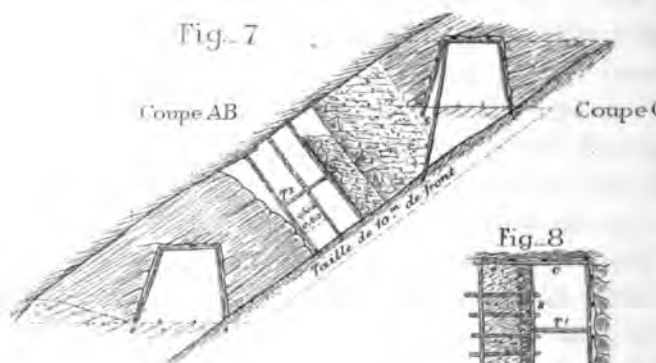
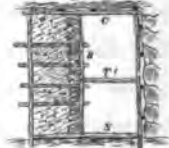


Fig. 8



Echelle 1/2

boisage, dit à 5 bois, est très soigné. Chaque cadre C est placé normalement à la couche, les montants étant droits. Les empotures au dur en sont maintenues par une semelle S que contrebutte, à cause du gonflement du faux-mur, une chandelle B. Des tendards T¹ et T² maintiennent au besoin l'écartement des cadres et des buttes.

Les remblais suivent de très près en arrière dans la deuxième moitié de la recoupe précédente et dans la première moitié de la recoupe en marche, encastrant par conséquent le boisage qui se trouve ainsi consolidé. Nous représentons ci-dessus le détail de ces chantiers dont le mode de boisage est à recommander en pareil cas.

On avance ainsi seulement de 10 à 11 mètres par mois de 25 postes. Il en résulte tout d'abord, pour éviter les échauffements, que le quartier doit être très restreint, pour ne pas donner aux tailles une durée de plus de 6 mois, vu la nature du charbon. Il ne faut guère dépasser 50 mètres.

On prend par une seule taille toute la couche. Cependant dans les parties renflées on n'enlève que 4 mètres, en laissant en couronne une planche de charbon qui sera prise par recoupes au toit dans la taille supérieure. Ces recoupes, par suite du tassement considérable des remblais (4 mètres de hauteur de chantier remblayé se réduisant à 1^m,80 après tassement, bien que les remblais soient pierreux pour 25 à 30 p. %), sont le plus souvent en bas-fond, ce qui occasionne du rejetage, ou bien on risque de laisser du charbon, cause d'échauffement, d'autant plus que le charbon est souvent poussiéreux et par suite plus inflammable. La charge est d'ailleurs la grande gêne de cette exploitation.

Modifications applicables à la méthode

Pour réduire l'entretien et par crainte des f... aurait intérêt à marcher par *traçages et rabatage* la présence du grisou rend les traçages en c... difficiles, l'aérage, même par tuyaux et petit... lateurs, n'étant pas en général assez actif, d'aut... que les courants d'air doivent être réduits aut... possible dans le charbon menu. Il en pourrait... des retards dans l'exploitation (arrêt réglem... des chantiers grisouteux), ce qu'il convient ici d... l'exploitation devant être avant tout active.

Pour la puissance un peu supérieure à 4 mè... voisine de 4 mètres, on ne songe plus à dépi... 2 tranches inclinées, ainsi que cela a été ess... début de l'exploitation (Juillet 1896), ce mode... pilage ayant conduit à un échauffement quelque... après.

On prenait le massif sur 10 mètres selon le p... par deux tranches de 2 mètres environ. La p... tranche, au mur, était conduite en chassant sur... mètres en direction ; on remblayait en laissant un... de boisage vide à l'extrémité, en vue de la rep... avant.

Puis on dépilait d'autant la 2^e tranche, très... ment, les piqueurs reposant sur le remblai. C... encore non tassé, rendait le boisage moins... bien qu'il fût sur semelles et croisé de porteu... que l'on marchât de haut en bas par recoupes d... parties trop en charge. On avait par suite beau... bois et de garnissage, d'où beaucoup de vides d... remblais dont le bourrage en couronne sous les s... du toit était difficile, ce qui fut la cause de l'éch... ment.

On ne pouvait guère songer à marcher en ch...

simultanément dans les deux tranches, la 2^e suivant à quelques mètres en arrière, par suite de la charge de la région. On aurait pu songer aussi, à cause du grisou et par crainte d'échauffement, à prendre une 1^{re} tranche au toit avec des remblais terreux, puis une 2^e tranche au mur ; mais l'irrégularité de la couche ne l'a pas permis.

La méthode inclinée, telle qu'elle est comprise actuellement, est donc la plus rationnelle : mais pour éviter tout échauffement, par suite de la nature du charbon, il convient de bien l'enlever en totalité et de dépiler rapidement. Il faut aussi de bons remblais pour réduire la charge autant que possible, surtout à cause des schistes du toit et de la petite couche crue parmi ceux-ci.

Les tranches horizontales ne conviennent d'ailleurs pas, par suite de la trop faible traversée de la couche ; leur emploi serait trop onéreux, se réduisant en grande partie à des tracages ; l'aérage, dans un quartier aussi grisouteux serait alors très difficile, les remontes d'arrivée d'air aux différents sous-étages étant intenable, et les tuyaux trop encombrants.

Mesures contre les feux. — Les mesures préventives consistent à établir à la base de l'étage, dans le niveau d'arrivée d'air, une porte-barrage de sûreté, ainsi qu'au sommet dans le niveau de retour d'air, travaux faciles à fermer au cas échéant.

Chaque tranche horizontale est fermée près du plan, de part et d'autre de celui-ci, de remblais menus et terreux ; des barrages successifs croisant dans chaque tranche la couche du mur au toit et se raccordant dans les différentes tranches seraient plus efficaces.

En tailles inclinées, ces barrages seraient plus

difficiles à établir ; en réalité on se borne à remonter en menu terreux le long du plan de desserte.

De plus, une canalisation d'eau sous pression d'éteindre un commencement d'incendie, ou d'embouage de tout chantier suspect.

REPRISE MÉTHODIQUE D'ANCIENS TRAVAUX DANS LE QUARTIER TEYSSIER

Nature de la couche.

Dans le quartier Teyssier la grande couche M a une puissance moyenne de 4 mètres, son inclinaison variant de 22° à 10°. Son allure est assez régulière. Le charbon est dur, fibreux et planché, et en un seul banc de belle qualité surtout au milieu (grosse planche 2 mètres, 2^m,50), le charbon du mur (planches 1^m,80) étant parfois nerveux, celui du toit (planches douces, 0^m,60 0^m,80) étant gris, feuilleté et un peu friable. Le mur de gore dur tient bien ; il n'en est pas de même du toit, constitué de schistes durs mais chargés de masse.

La couche est grisouteuse.

La petite couche mentionnée au toit atteint au Nord-Ouest jusqu'à 3 mètres de puissance et est exploitée par un quartier spécial lorsqu'elle est séparée nettement de la grande couche ; quand les 2 couches sont voisines on les dépèle simultanément. En descendant vers le Sud-Est, la petite couche se marie à la grande, la puissance va en se réduisant pour devenir infime, le charbon étant alors cru et pierreux.

Champ d'exploitation et travaux d'aménagement

Le quartier en question comprend une zone de 320 mètres en direction, limitée au Nord-Ouest par les quartiers de Labarge et de Layat, au Sud-Est

faille de Trochu, à l'Est par l'ancienne exploitation en aval du niveau Monterrad 1, et à l'Ouest par un niveau de sondage à 40 mètres environ de la surface à cause des eaux et des habitations.

On a deux plans situés aux 1/3 du quartier et desservant celui-ci, reliant un niveau de base d'arrivée d'air et d'évacuation du charbon au puits Monterrad 2, à un niveau supérieur de sondage, raccordé au puits Layat de retour d'air et de descente des bois et re nblais.

Caractères particuliers de l'exploitation.

1. L'exploitation actuelle est caractérisée par la reprise d'anciens travaux (1863-1870) en quadrillages. Ces travaux ont consisté en traçages de niveaux, distants de 15 à 25 mètres suivant le pendage, raccordés à distances variables par des remontes d'aérage et plans de desserte, avancements pris du niveau Monterrad 1 (Pl. VI, Fig. 2) et en montant, malgré le grisou, mais à cause des vieux travaux à l'affleurement et des eaux de la surface ; ces quadrillages étaient créés en vue de dépilages en taille inclinée à prendre ultérieurement par 2 tranches. La méthode inclinée, générale à cette époque, était rationnelle dans ce quartier, où la couche ne présente pas une trop grande épaisseur, est régulière, peu inclinée, avec du charbon planché et dur.

Ces travaux ont été arrêtés à la suite d'un coup d'eau considérable en mai 1865, par le sommet du plan Teyssier, où l'on construisit alors un barrage très important.

Mais on dut abandonner ce quartier peu après, faute de remblais disponibles, ceux-ci arrivant par le puits et le quartier de Layat, ce dernier compromis, puis fermé à la suite d'incendies (1).

(1) V. 1^{re} Partie : Exploitation des couches puissantes.

Les travaux ont été retrouvés en partie remblayés et assez bien conservés, quoique présentant parfois d'énormes éboulis, avec du charbon poussiéreux et par conséquent plus inflammable que le massif.

Le grisou n'a d'ailleurs été rencontré qu'exceptionnellement en cloche ou en traçage, ayant été presque entièrement drainé par les vieux travaux. Cependant cette couche a été extrêmement grisouteuse. (Couche du gaz, des mineurs.)

2. Bien qu'on soit dans une telle zone de vieux travaux, par crainte des eaux accumulées derrière le grand barrage de Teyssier, on reprend l'exploitation en montant, en protégeant celle-ci par des niveaux de sondage. C'est-à-dire que durant l'exploitation, on a un 1^{er} sous-étage en dépilage, un 2^e en amont en préparation, protégé au-dessus par un niveau de sondage suffisamment avancé et qui servira d'ailleurs dans la suite pour l'arrivée des bois et des remblais, ainsi que comme retour d'air du 2^e sous-étage en question.

Méthode d'exploitation. — Par suite de la reprise d'anciens travaux, on ne peut que dépiler par *tranches horizontales*. Ayant à se protéger des eaux, on prend les sous-étages en montant, ainsi que les tranches dans chacun d'eux, malgré la présence de vieux quadrillages.

En effet, on n'a pas intérêt à prendre les tranches en descendant, en vue d'éviter les feux toujours à craindre dans les vieux quartiers, les dépilages par tranches descendantes ne s'appliquant avec sécurité que lorsque les sous-étages sont pris eux-mêmes en descendant.

On conduit, par suite, les dépilages aussi vite que possible et, durant la marche de l'exploitation, on se protège par des travaux de sûreté analogues à ceux

décrits en grandes couches (1) ainsi qu'il sera rappelé plus loin.

Les sous-étages ont pour base les anciens niveaux du quadrillage. Ils comprennent suivant la cote de ceux-ci 4 à 6 tranches horizontales de 2^m,20 à 2^m,50.

Dans chaque sous-étage on dépile la 1^{re} tranche au toit seulement, puis on passe à la 3^e dite 1^{re} tranche du sous-étage *bis* correspondant (alors de 2 à 4 tranches), afin d'assurer la conservation du niveau de base de roulage, déjà appuyé par le massif au mur, jusqu'à la fin du défilage du sous-étage.

L'exploitation étant active, on voit qu'il n'y a pas trop lieu de craindre, au point de vue des échauffements, les infiltrations d'air dans la deuxième tranche intermédiaire, bien que dans ce charbon dur les cassures, par suite du tassement des remblais d'aval, se referment mal. Chaque tranche dure 3 mois environ ; cette 2^{me} tranche sera reprise un an au plus après, ce qui n'a rien d'excessif.

Mais dans le cas où le charbon est brisé ou généralement menu, ce qui n'est qu'accidentellement le cas ici, on réduit le sous-étage à 2-4 tranches sans laisser de charbon à la base, d'autant plus que le niveau de roulage conservé ainsi dans les remblais demande même alors moins d'entretien.

Les diverses tranches horizontales sont prises par *grandes tailles*, c'est-à-dire que les chantiers conduits en direction de couche sont desservis pour le roulage par un niveau au mur branché sur le plan de desserte, et pour l'aérage par un niveau au toit conservé dans les remblais et raccordé avec des remontes prises de part

(1) 1^{re} Partie : Exploitation des couches puissantes. Travaux contre les feux.

et d'autre du plan et reliant les différentes tranches. (Pl. VI, Fig. 3, 4 et 5.)

Cette disposition est nécessaire dans cette région de vieux travaux, où l'on doit avoir un aérage suffisant pour éviter la force, mais toutefois réduit autant que possible à cause des infiltrations d'air toujours dangereuses.

Les chantiers sont bien dégagés.

Cependant il y a l'inconvénient de l'entretien de 2 niveaux au lieu d'un seul dans la marche en *taille ordinaire*, et en fin de dépilage on a un surcroît de remblais à placer dans chaque tranche avant de passer au dépilage de la suivante, ce qui peut présenter certaines difficultés en cas d'intempéries ou de manque de main-d'œuvre.

On ne prend qu'un seul sous-étage à la fois et dans celui-ci une seule tranche, l'extraction pouvant atteindre par les 2 plans 150 à 200 tonnes.

Chaque taille est prise en chassant du plan, en laissant toutefois le charbon du mur, pour la conservation du niveau de roulage, mais dépilé ensuite en rabattant, les remblais suivent en arrière par toute la tranche.

Cette taille est protégée au fur et à mesure de son avancement par un niveau de sondage au mur, prévenant les vieux travaux, où l'on peut avoir à rencontrer des éboulis, un commencement d'échauffement ou des eaux ; ce qui permet de prendre telle mesure qu'on jugera utile, ainsi qu'il sera examiné ci-après :

Le remblayage est complété par des barrages fermant entièrement la tranche de part et d'autre du plan, ces ouvrages se raccordant entre eux aux différentes tranches, de façon à former un barrage continu dans le sous-étage en exploitation.

Marche des travaux. — Les travaux préparatoires

d'un sous-étage consistent donc à créer un niveau de roulage inférieur pour le charbon et à protéger le massif à dépiler par un niveau supérieur servant pour l'arrivée des bois et des remblais ; puis à tracer sur le mur les plans de desserte ainsi que sous le toit les remontes d'aérage prises de part et d'autre des plans et reliant par les différentes tranches les deux niveaux dont l'un servira d'arrivée et l'autre de retour d'air.

Dans chaque tranche, à droite et à gauche, en partant du plan, on branche d'abord un garage au mur jusqu'au devant de la remonte d'aérage correspondante, qu'on raccorde en recoupe au toit, alignant ainsi chaque chantier en taille (schéma ci-après, Fig. 9, 10 et 11). Puis, ainsi qu'il a été dit, on s'avance en grande taille jusqu'à la limite d'exploitation, d'où l'on revient par rabatage au mur, les remblais suivant en arrière par toute la tranche. Le massif situé sur le plan, entre les remontes, n'est dépilé qu'à la fin, le charbon étant dur, pour réduire la charge. On le dépile entièrement sauf un mètre de charbon sur le plan même et qu'on enlève ultérieurement par élevage. C'est durant ce dépilage qu'on établit les à-côtés des barrages mentionnés plus haut, croisant la tranche du mur au toit et que l'on fermera en fin de remblayage.

Lorsque la tranche est très avancée, on fait de suite le rabatage au mur entre les remontes et le plan, en vue du passage dans la tranche suivante.

A cet effet, on s'élève à quelque distance du plan sur les remblais de la tranche inférieure jusqu'à la hauteur de la tranche suivante, puis dans celle-ci on se raccorde au plan par le niveau-garage (10 à 12 mètres), comme en aval, en longeant le niveau de dessous, le charbon y étant évacué au moyen de lunettes et de couloirs. Ce garage continué jusqu'en face de la remonte, on aligne par une recoupe au toit le chantier en taille, l'évacua-

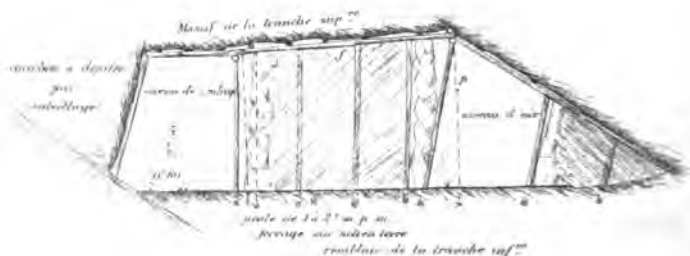
montre les sous-étages 1, 2, 3 dépilés et barrés; au 2^e plan Roche l'achèvement du 4^e sous-étage *bis* par la 4^e tranche, et l'enlèvement à l'extrémité E de la 2^e tranche du 4^e sous-étage; par le 1^{er} plan Roche on achève seulement le dépilage de la 1^{re} tranche du 4^e sous-étage *bis*.

Les dessins FIG. 13 et 14 donnent de plus les détails de ces divers chantiers.

Coupe de Chantier en G^de Taille

Traversee de 7 à 10^m

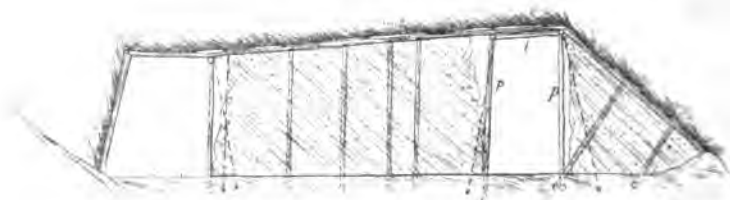
Fig 13



Coupe de Chantier en G^de Taille

Traversee de 10 à 18^m

Fig 14



Nous avons insisté sur cette méthode parce qu'elle est générale et convient dans tous les cas, à condition toutefois que la traverse horizontale de couche soit au moins de 6 mètres, à cause de l'établissement des 2 niveaux de desserte avec pile de remblais entremise.

On doit tendre à organiser ainsi les exploitations en *grandes tailles* parce que, comme nous l'avons déjà fait observer à propos des grandes couches, on a des chantiers nécessitant peu de préparation, bien dégagés au point de vue de l'abatage et du roulage, d'un avancement rapide et dont l'aérage est facile même avec un faible courant d'air, ce qui est important dans les couches dont le charbon est inflammable, où l'on a du grisou ou de la force.

Mais l'entretien est parfois important dans les quartiers en charge (charbon menu) et les remblais doivent être tenus soigneusement à jour.

Cette méthode, que nous avons préconisée dans l'exploitation des couches de grande puissance, n'est cependant jusqu'ici qu'exceptionnelle dans les couches moyennes, généralement de faible traversée.

Ici on peut donner à chaque quartier jusqu'à 120 mètres en direction de part et d'autre du plan de desserte, pour une durée de dépilage de 3 mois, en considérant les conditions d'entretien du niveau du mur, celui-ci devant toujours être roulant, et de celui du toit, où l'on doit toujours pouvoir circuler, et le remblayage devant en être facile, après un rebanchage sommaire en fin de dépilage. En pratique, dans le charbon de dureté moyenne, on se tient à 100 mètres environ.

Cas particuliers.

1. *Amincissements et zones très larges.* — Lorsqu'on a à traverser un amincissement (serrée) de couche, on ne peut plus avoir 2 niveaux de desserte (FIG. 15). On assure toutefois l'arrivée d'air par le toit au moyen d'une gaine : placages ou toiles.

Les *placages* en terre entre garnissage ordinairement peu épais (15 à 50^c/m) tiennent mal.

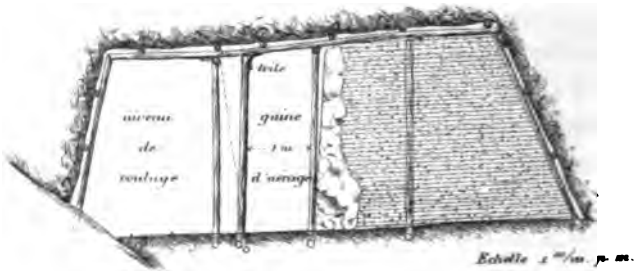
Exploitation de la Grande Couche Malafolie

Quartier de Teyssier

Puits Monterrad

Traversée de zone amincie

Fig. 15



L'aérage par toiles plus facile à établir, mais défec-
tueux par suite des pertes d'air, présente cet inconvé-
nient de laisser passage à des infiltrations d'air en
couronne, ce qui n'est pas sans danger, dans le charbon
dur, comme ici, dont les cassures par suite du tassement
des remblais ne se referment jamais entièrement ; de
même dans le charbon menu et poussiéreux, le long
de vieux travaux ; dans le charbon schisteux du toit,
chargeant ordinairement en masse, l'inconvénient est
moindre. D'une façon générale, si ce mode d'aérage
est commode, il n'est que relatif, non sans danger, et,
par suite, doit être évité.

Si la couche est tellement rétrécie (laminage) qu'on
ne puisse aménager de gaine, on s'aère alors par
tuyaux, aspirants s'il y a du grisou, soufflants si l'on
a de la force, mais à condition de n'avoir pas de char-
bon brisé, à cause des infiltrations d'air.

On se sert ordinairement de tuyaux en tôle galvani-
sée de 250^m/m de diamètre. Ils sont assez encombrants

et leur tirage est assez faible ; on active généralement celui-ci par un petit ventilateur à bras du type Mortier ou Rateau.

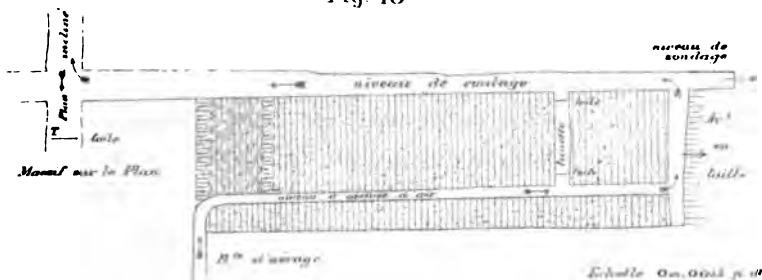
Les tuyaux de 350^m/m sont beaucoup plus avantageux mais tiennent beaucoup de place.

Les tuyaux même bien entretenus perdent beaucoup par les joints. Leur installation et leur entretien deviennent onéreux si les galeries chargent un peu. Toutefois ce mode d'aérage est plus efficace que l'aérage par toiles.

Inversement, dans les replats, la traversée de la couche atteint 20 et 25 mètres. La marche en grande taille n'est pas modifiée, mais il convient de prendre les précautions suivantes (Fig. 16).

Traversée de replat ou de zone en charge

Fig. 16



On prend un talon au toit et au mur, de façon à faciliter le dépilage dans les tranches successives, en évitant les parties basses et les rejets.

En cas de charge, toujours plus importante en plateure que dans les zones à pendage moyen de 20 à 30°, charge ici en masse à cause des schistes du toit, il faut pouvoir remblayer aisément les niveaux d'air en fin de dépilage. Pour ne pas être obligé de relever celui-ci, au cas échéant, sur toute sa longueur au moment du

remblayage définitif de la tranche, au fur et à mesure de l'avancement en taille, on garde tous les 25 mètres par exemple, une ligne de flandres vide qui servira d'arrivée de remblais à ce niveau (lunette), lequel pourra être remblayé facilement, si fermé qu'il soit, au moyen de quelques rejets de pelle, plus économiques qu'un relevage.

Cette précaution, pour faciliter le remblayage, peut d'ailleurs être prise dans tous les cas où il sera nécessaire d'avoir un niveau d'air circulable mais non roulable, c'est-à-dire où les feux ne sont pas trop à craindre, mais où l'on doit avoir un aérage régulier. La distance de 20-25 mètres est suffisante pour que des piliers de remblais à 25-30 p. % de pierres ne s'écrasent pas.

Nous avons vu, au contraire, que dans les grandes couches, comme au Ban et à Layat, où l'on marche de même par grandes tailles, on doit éviter, à cause des échauffements, alors beaucoup plus à craindre, d'avoir des remblais ainsi interrompus, par où s'infiltrerait l'air. Ces lunettes présentent en outre l'inconvénient, bien que fermées par des toiles, de laisser passer l'air, qui, tendant à prendre le chemin le plus court, n'arrive plus que très partiellement au front de taille. Cette remarque est importante si l'on doit envoyer le moins d'air possible, par crainte des feux, dans les zones de vieux travaux ébouleux, de charbon menu, pyriteux et inflammable.

Traversée de vieux travaux. — Dans les zones de vieux travaux, on fait précéder chaque chantier d'un niveau de sondage pour rechercher la nature de ces vieux travaux, en faire le curage, puis le remblayage ou le damage en terre suivant le besoin, en un mot les consolider pour permettre le passage de la taille. (Fig. 17 et 18.)

Dans l'exemple ci-contre, on s'avance en cadres F, avec enfilage en flandres *f*, sur lesquelles on établit les quadrillages Q, après avoir longriné le boisage du côté du toit *l*, et portaisé celui-ci sous platelage P, *p*. Il convient de boiser et de quadriller aussi régulièrement que possible afin de bien répartir la charge. L'enfilage en flandres et non en bigues et écoins est ici nécessaire parce que le charbon, généralement dur, tend à se détacher en gros blocs.

Dans la traversée de zones éboulouses on a parfois, après curage, une hauteur considérable de chantier, atteignant jusqu'à 6^m,50. Dans ce cas le boisage est conduit à 3^m,50 au plus, correspondant à 4 mètres de montants avec les empotures, la partie d'amont étant appuyée par des quadrillages que soutient le boisage en question.

Celui-ci, C, est doublé *c'*, portaisé F, longriné *p*, et tiranté T *t*, ainsi que le représente le dessin Fig. 19. Il est très solide, dure pendant toute l'exploitation de la tranche, résistant aux pressions de direction quelconque qui peuvent se présenter. Son emploi est d'ailleurs généralisé dans les dépilages par rampes, dont il a été fait mention, où la hauteur de chantier correspond alors à 2 tranches. Il est à recommander, chaque fois qu'on aura, pour une raison ou une autre, des chantiers plus hauts que 3 mètres.

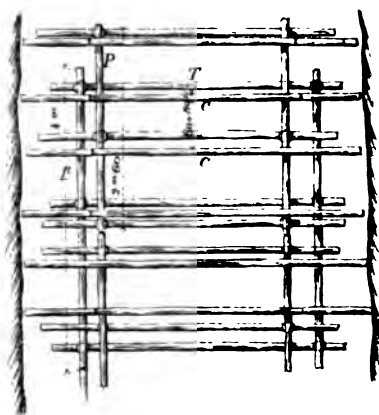
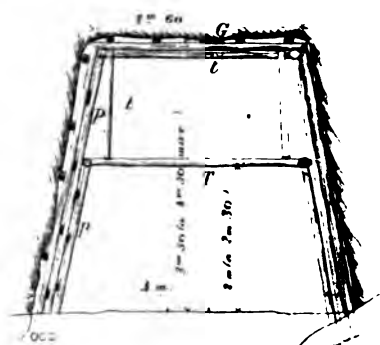
Lorsque les vieux travaux sont charbonneux, on les enlève entièrement et rien n'est changé dans la marche en grande taille, des mineurs marchant de front avec les piqueurs.

Quand ces travaux sont remblayés et sans charbon, on peut les laisser en place : on reporte les niveaux de desserte le long de ceux-ci s'ils sont au mur ou au toit.

S'ils se trouvent au milieu du chantier et le barrant

Type de boisage
dans les niveaux de grande hauteur

Fig. 19



ièrement, on marche par 2 tailles séparées, chacune
servie par un niveau, et l'on raccorde les 2 niveaux
à 15 à 20 mètres par des travers pour l'aérage
(g. 20). Si ces travaux n'arrivent qu'à mi-hauteur,
prend le charbon au-dessus dans la tranche,
l'aérage restant ainsi assuré au fur et à mesure de

*Dépilage simultané de la grande couche
et de la petite couche au toit.*

Dans le quartier en question la petite couche au toit a près de 2 mètres de puissance vers l'Ouest et le charbon en est de bonne qualité. La couche est d'ailleurs sillonnée de vieux travaux. Son entre-deux de schistes et gore avec la grande couche n'est que de quelques mètres et les 2 couches se marient plus à l'Est. Il convient donc, durant le dépilage de la grande couche, de ne pas laisser de charbon en couronne et le dépilage simultané des deux couches s'impose. Durant la marche en taille en grande couche, on se raccorde par une série de travers avec la petite couche dont on enlève le charbon par une taille inclinée correspondant à une hauteur de 2^m,50, celle des tranches horizontales en grande couche. Ces travers sont pris tous les 10 à 15 mètres suivant l'importance des entre-deux, et, au fur et à mesure de l'avancement des travaux, on remblaie complètement en arrière la petite couche. Lorsque l'entre-deux a moins de 2 mètres, étant schisteux, on l'enlève entièrement, fournissant alors du remblai sur place dans le chantier pris ainsi sur un front unique.

Nous retrouvons plus loin cette méthode appliquée d'une manière générale, à propos de l'exploitation simultanée des 3^e et 4^e couches Malafolie, dans le quartier Ouest Monterrad.

Mesures contre les incendies.

Nous résumerons ici ce que nous avons dit à propos des grandes couches concernant les mesures préventives que l'on doit toujours prendre contre les feux.

Même en couches de puissance moyenne, les causes d'incendie sont aussi nombreuses qu'en grandes cou-

ches, mais les feux sont ici plus faciles à éviter et surtout à combattre.

Il convient tout d'abord de prendre tout le charbon, même le charbon schisteux, cru ou pierreux du toit, c'est pourquoi on prend ici le charbon de la petite couche au toit, bien qu'il soit de qualité médiocre.

Les vieux travaux doivent être entièrement enlevés s'ils sont charbonneux. De plus on les remplace après curage par un remblayage en terre et un chemisage dans les niveaux de desserte, au besoin.

Les remblais doivent être très soignés et menés rapidement en fin de dépilage, afin d'éviter la chaleur aux chantiers : tel est le but des lunettes dont il a été fait mention.

Pour avoir des chantiers aussi frais que possible, on fait, au fur et à mesure de leur avancement, un damage à la sole, consistant en une mise de terre ou de remblais fins, de 30 à 40^c/m, répartie par toute la tranche. De plus, dans le niveau de roulage au mur, on enlève à la sole entièrement le garnissage de la tranche de dessous, et l'on place de la terre : on évite ainsi la chaleur des remblais, qui tend toujours à se dégager davantage par ce niveau ; de plus, une fois celui-ci ferré, on empêche dans une certaine mesure la voie de souffler, par suite du tassement irrégulier de ces remblais (poussée du mur, pression du toit).

Quant aux mesures préventives proprement dites, elles consistent à établir des barrages de sûreté à l'entrée et à la sortie d'air dès le début de l'exploitation, travaux aménagés comme dans les grandes couches et faciles à fermer au cas échéant, ou en fin de dépilage. Auprès de ces barrages on dispose des portes avec dépôt de platelage et de terre permettant la construction de contre-barrages suivant le besoin.

Si le quartier est dangereux, à l'entrée de chaque

on établit un barrage de sûreté croisant toute l'épaisseur du mur au toit, laissant une ou deux ouvertures suivant qu'on aura 2 niveaux (niveau d'air et niveau de roulage, marche en grande taille), ou une seule marche en taille ordinaire). Ce barrage sera d'ailleurs fermé après remblayage de la tranche ; les barrages de différentes tranches se raccordant entre eux pour former un ouvrage continu.

On a une canalisation d'eau sous pression, avec une vanne d'arrêt et une dérivation accessoire permettant de brancher rapidement une conduite sur un point présentant un commencement d'échauffement pour l'attaquer par l'eau ou le sable.

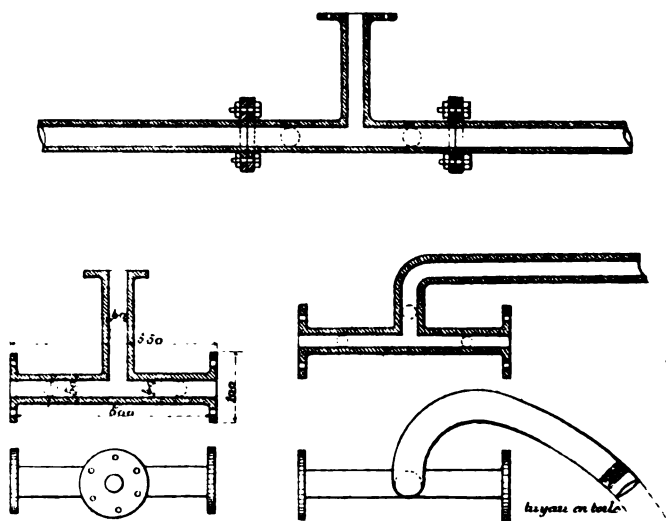
À quelque temps, les tuyaux ordinairement employés sont des tuyaux à joints filetés, tuyaux en fer de 3 à 5 mètres de longueur et de 3 à 4 centimètres de diamètre intérieur, sont remplacés par des tuyaux à brides.

Les premiers présentent cet inconvénient que par suite de l'altération par la rouille, au bout de très peu de temps (même dans les galeries sèches on compte quelques mois), l'entretien en devient difficile. Si par exemple les eaux proviennent de la mine (captage dans les galeries), elles donnent lieu à des dépôts calcaires, argileux ou boueux et les tuyaux peuvent se boucher. On ne peut que l'on détermine en sondant la canalisation avec un câble. Il faut alors démonter celle-ci tuyau par tuyau et souvent elle se brise aux filetages ; ou bien il faut, en cas d'incendie, par exemple, qu'on doive démonter une canalisation. Or, il est parfois difficile de démonter les filetages des segments entre eux, soit à cause du manque de place dans les galeries, et soit à cause de la nécessité de dévier les tuyaux, soit par suite de l'altération des filetages des tuyaux pris au feu dans la mine ; d'où des pertes de temps toujours préjudiciables.

Avec les tuyaux à brides l'entretien est au contraire facile puisqu'il suffira d'enlever seulement ceux à réparer ; par suite de la rouille on sera obligé, il est vrai, de couper les boulons. Ils sont moins solides que les précédents et dans les galeries en charge, ou si l'on doit les recourber ou les dévier, ils cassent souvent à l'embrasure des brides. Les brides tendent à perdre, malgré les joints en caoutchouc interposés et renforcés de filasse. Mais, sur une canalisation à brides, on a le grand avantage de pouvoir brancher facilement et rapidement telle dérivation qu'on voudra aux divers sous-étages et dans des niveaux quelconques. Il suffira pour cela d'écarter deux segments et d'y intercaler le raccord nécessaire (Fig. 23).

Sur cette conduite, on branchera par un billage en fil de fer des tuyaux en toile imperméable aisés à prolonger jusqu'au point à embouer, par exemple.

Fig. 23. Canalisation d'eau sous pression



Nous ferons les remarques suivantes :

1. Au point de vue des échauffements, on ne donne au dépilage des tranches qu'une durée de 3 mois, en fin de quoi, le charbon étant dur, ou bridé malgré le tassement des remblais, on a peu de dislocations. L'entretien est d'ailleurs de moyenne importance, ce qui convient ici, où l'on a 2 niveaux à conserver. Aussi, pratiquement, on ne donne que 80 à 100 mètres en direction de part et d'autre du plan de desserte aux divers quartiers.

2. Comme on l'a vu, on garde momentanément le long du plan, à l'entrée du niveau de roulage, un massif, dépilé seulement en fin de tranche : la conservation de ce massif permet de réduire la charge et, dans ce charbon dur, d'établir au besoin les sises d'un barrage de sûreté ainsi qu'il a été dit.

Lorsqu'au contraire le charbon est brisé, il faut prendre ce massif dès le début de l'attaque de la tranche et construire aussitôt le barrage de sûreté du toit au mur.

Nous avons vu que dans chaque sous-étage, afin de conserver le niveau de roulage de base, après avoir dépilé la première tranche au toit, on conservait momentanément le charbon du mur, puis qu'on passait en troisième tranche, la durée de ce niveau étant de un an environ. Ici le charbon est dur et les cassures provoquées par le tassement des remblais en aval se referment mal, ce qui peut donner lieu à des infiltrations d'air. Néanmoins, on n'a pas eu jusqu'ici d'inconvénient, le charbon étant non pyritoux et, par conséquent, peu inflammable.

Nous avons déjà cité un cas analogue à Blanzv, à propos de l'exploitation des couches puissantes, où dans les divers sous-étages on conserve également des

niveaux de base dont la durée atteint deux ans, ce qui est trop dans les zones inflammables.

Au point de vue de *l'entretien*, la question de savoir s'il est avantageux de conserver un tel *massif de protection provisoire* pour un niveau de base desservant un sous-étage qui doit durer longtemps, peut être généralisée pour les étages eux-mêmes, et applicable aux grandes couches, comme aux couches de moyenne puissance.

Lorsqu'on a un quartier chargeant beaucoup, comme à Labarge, en Grande Couche du Ban, on a observé, les sous-étages étant pris en descendant, quand on arrive à 40 mètres au-dessus du niveau de base, que celui-ci commençait à charger d'une façon anormale. Sous la charge, la sole de la galerie gonfle par suite du glissement de la couche sur le mur et, au fur et à mesure qu'on descend, la charge se fait aussi bientôt sentir en masse en couronne. On a par suite, durant une grande partie du défilage du champ d'exploitation, ici la moitié environ de la durée du quartier de 85 mètres de hauteur verticale, un entretien permanent du niveau de roulage.

Dans un quartier chargeant peu, comme à Layat, en Grande Couche Malafolie, pris également en descendant, cet effet ne se fait guère sentir qu'à partir de 15 à 20 mètres.

Ici, cette charge n'est pas appréciable malgré la faible hauteur des sous-étages.

Si, au contraire, on dépile dès le début de la mise en exploitation d'un quartier un sous-étage de base de 3 à 4 tranches, on aura à entretenir momentanément le niveau de roulage durant le tassement des remblais, soit pendant 3 à 6 mois ; mais les remblais de la couronne encastrés dans le boisage tiendront bien par la suite, s'ils sont suffisamment terreux.

On aura donc moins d'entretien (1).

De plus, ce sous-étage ainsi dépilé servira comme *sous-étage-barrage*, en ce sens que le courant d'air arrivant par le niveau de base et montant dans le quartier, ne tendra pas à s'infiltrer dans le charbon : tout au plus en passant par les plans de desserte pourra-t-il, le long de ceux-ci, pénétrer dans quelques parties disloquées par suite du tassement des remblais d'aval, ce à quoi on remédiera, si le charbon est inflammable, en faisant un placage le long des parties peu solides.

Ceci est surtout important lorsqu'on arrive, en fin de dépilage de l'étage, aux sous-étages voisins du niveau de base, le charbon étant alors généralement brisé.

Mais il peut arriver qu'on ne puisse ainsi dépiler à la base d'un étage un tel sous-étage-barrage.

Nous reprendrons, en le complétant, un exemple déjà cité dans la Grande Couche du Ban (2), pouvant servir en pareil cas.

L'étage inférieur du 1^{er} au 6^e niveau, mis d'abord en exploitation par considération des eaux de la surface, était en fin de dépilage quand les travaux furent arrêtés au 6^e niveau par un incendie (1890). On attaqua alors l'étage supérieur, la rivière Ondaine ayant été reportée au mur de la couche. Cette exploitation prise du 11^e niveau, situé à 35 mètres environ de la surface, par sous-étages descendants arrive actuellement au dernier de ceux-ci, le 6^e (1899). Or, le feu de 1890 a bien été

(1) Nous verrons de même, à propos de l'exploitation des *couches minces*, où l'on a en général seulement à considérer la question de l'entretien, que dans la plupart des cas il n'y a pas intérêt à conserver de pilier de protection pour le niveau de base de desserte d'un étage en exploitation, bien qu'on dépile ordinairement les étages en montant.

(2) 1^{re} Partie : Exploitation des couches puissantes.

arrêté en remblayant les dépilages du 6° niveau (1^{re} tranche), et en embouant ces travaux par un niveau et des dépilages partiels pris 5 mètres au-dessus (4° tranche), mais on n'a pas cru devoir reprendre directement ces travaux par crainte de reprise d'incendie.

On s'est placé au-dessus du 6° niveau en laissant une tranche intermédiaire pour s'isoler et permettre de combattre plus facilement par embouage tout nouvel échauffement. On aurait pu se placer directement sous les remblais du 7° niveau, laissant ainsi 2 tranches ; mais on risquait de perdre deux tranches au lieu d'une au cas où le feu se fût rallumé, ce qui est ici d'une très grande importance vu la puissance considérable de la couche. Prendre les tranches de ce sous-étage successivement en descendant eût été plus sûr et entièrement rationnel.

Les travaux préparatoires ont donc été conduits au 6° sous-étage *bis* ainsi défini (2 tranches) avec les précautions décrites lors de la création du 7° sous-étage : traçage des niveaux conduit en se protégeant par des portes-barrages, canalisation d'eau sous pression et ses accessoires suivant l'avancement, etc.

Mais en outre, par crainte d'infiltration d'air dans la tranche d'aval, on remblaie parmi le réseau de galeries situées au 6° niveau, toutes celles situées sous les chantiers et rendues inutiles par une dérivation convenable des eaux, du courant d'air et du roulage, remblayage en terre avec barrage aux extrémités. Les galeries que l'on doit conserver sont chemisées.

La FIG. 24 montre la modification adoptée au 6° niveau du Ban, exemple qui peut d'ailleurs être généralisé.

3. Pour l'aérage des différentes tranches, on a deux remontes d'aérage Est et Ouest, les raccordant entre elles

ainsi que les niveaux inférieur et supérieur : leur entretien donne parfois lieu à une dépense importante, soit à cause des vieux travaux ou des eaux. Mais il convient de les conserver.

On pourrait songer à les supprimer en faisant dans chaque tranche une arrivée d'air, au toit par le plan, dans le massif même de protection de celui-ci. On repousse néanmoins toujours cette solution, par crainte des infiltrations d'air en couronne et dans la suite d'échauffements. Elle n'est d'ailleurs nulle part recommandable.

Nous rappellerons une remarque déjà faite à propos des grandes couches. L'exploitation par grandes tailles comporte deux phases : marche en chassant et période de rabatage au mur, les remblais suivant en arrière par toute la tranche, et au fur et à mesure. Le remblayage doit donc être très actif, tant au point de vue de la régularité de l'exploitation que de l'entretien, et pour éviter la force pouvant se dégager des remblais et même la chaleur si ces remblais ne sont pas bien faits.

On arrive à de bons résultats, en gardant, dans les remblais au fur et à mesure de leur avancement, une gaine toujours en communication avec l'arrivée d'air correspondant au chantier.

Cette gaine indispensable demande beaucoup de soin puisqu'elle doit servir pendant le remblayage, dans chaque chantier, du niveau d'air, de la taille et du niveau de roulage, et peut avoir une longueur de 180 à 200 mètres. On la construit à la sole, au milieu de la galerie (Fig. 25), d'une section de 40/40 centimètres au moins, les à-côtés en pierres sèches surmontées de pierres plates ou d'écoins formant plafond. Si la charge est importante, on construit ces gaines plus solidement encore, en vieux bois contre-buttés au boisage de la galerie, du côté du mur (Fig. 26). On ne doit jamais les

Mode de remblayage de Galeries

Fig. 25

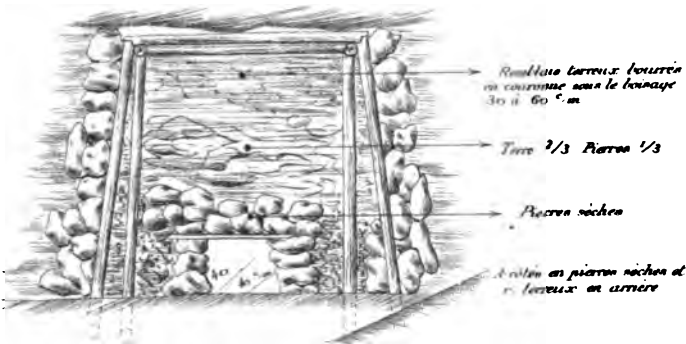
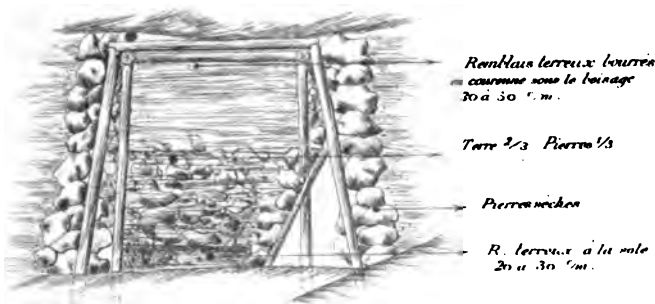


Fig. 26



Echelle 2 cm. p. m.

placer au toit ou en couronne. Si la charge devient considérable, elles peuvent se boucher si elles sont trop longues; cet inconvénient est généralement atténué, parce que nous avons vu qu'en pareil cas, à cause de

la difficulté de conserver roulables les niveaux de leur remblayage définitif, on en fait le remblayage même au moyen de lunettes, ce qui diminue d'autant leur longueur.

En fin de remblayage on ferme l'entrée de la gaine par un tampon en terre, et comme l'entrée du niveau correspondant est fermée par un bouchon ne court pas le risque d'échauffement ultérieur par infiltration d'air.

Cependant il peut arriver que l'emploi de la gaine d'aérage soit rendu impossible par suite de l'effondrement. Dans ce cas, on dispose à l'entrée de la tige de garage avec gaine ainsi qu'il est représenté (fig. 10 ci-avant).

Mesures contre les eaux.

Les eaux proviennent d'anciens travaux à ciel ouvert, ou d'infiltrations de l'Ondaine et de la rivière et ruisseau à la cote 460, c'est-à-dire au-dessus des travaux. Les infiltrations sont plus à craindre que vers son affleurement la surface en replat, et à l'affleurement même, celle-ci est relevée par la faille de Layat ; les eaux passent travers les bancs du toit, schistes et gores, découpent et les font par suite charger en masse dans la mine, bien qu'on utilise des remblais pierreux que possible, on a souvent des charges brusques, s'étendant parfois sur 20 à 30 m en direction.

Le régime des eaux est le suivant :

Hectolitres.	Heures.
4.300 h.	par 24 h. en temps de saison
9.300 h.	par 24 h. en temps de pluies.

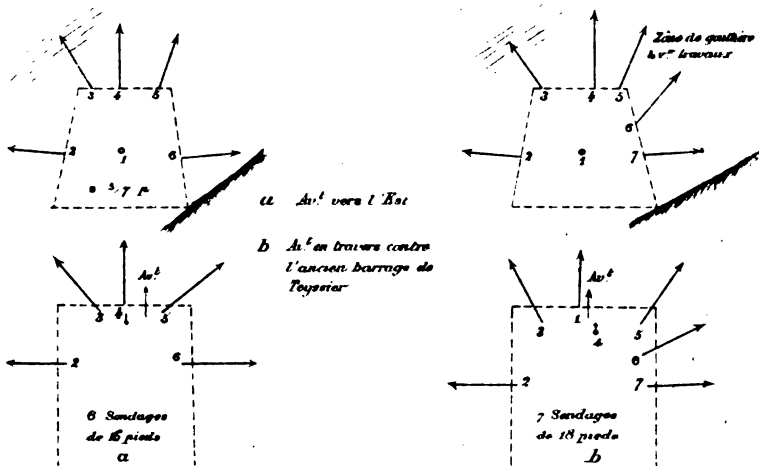
En avril 1898, à la suite de pluies consécutives le débit a atteint dans ce quartier 12.500 hecto-

On protège l'exploitation, comme nous l'avons dit, par des niveaux de sondage aux divers sous-étages.

Ces niveaux conduits en moyenne section (5/7 pieds), sont précédés de 6 trous de sonde au moins de 15 pieds, repris réglementairement tous les 3 mètres si l'on a peu d'eau, tous les 2 mètres si les gouttières sont abondantes, et par mètre si la venue d'eau est importante, et l'on porte alors les sondages à 18 pieds au nombre de 7 et 8. Le dessin FIG. 27 montre dans quelles conditions on marchait au 5^e niveau Est, cote 407.

Avancement du 5^{me} niveau E. en Sondant

Fig. 27



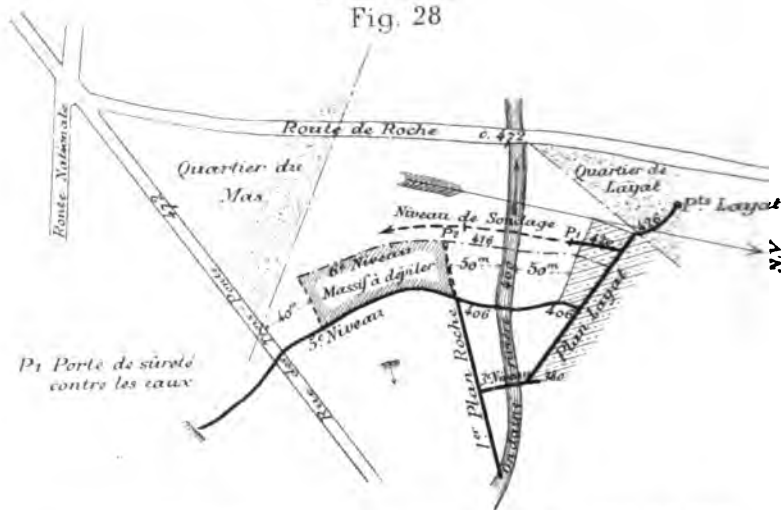
Depuis la canalisation de la rivière Ondaine, les travaux ainsi pris en montant sont conduits jusqu'à la cote 420, c'est-à-dire à 40 mètres environ au-dessous de la surface et de la rivière, et de part et d'autre de celle-ci on garde une zone d'investison de 50 mètres (FIG. 28).

Le niveau 420 est mené en sondant par 6 trous au moins, ayant au moins 16 pieds dans le charbon et les

Exploitation de la G^de C^{he} M^{ie}
Quartier Teyssier

Echelle 1/4000

Fig. 28



schistes. Toutefois, dans le rocher dur et sec du toit, on ne fait que 1 mètre, et 50 centimètres dans celui du mur. Ces sondages sont repris tous les mètres, c'est-à-dire que, s'étant avancé de 1^m, 10 à 1^m, 30, on s'arrête, on barre le chantier et l'on sonde.

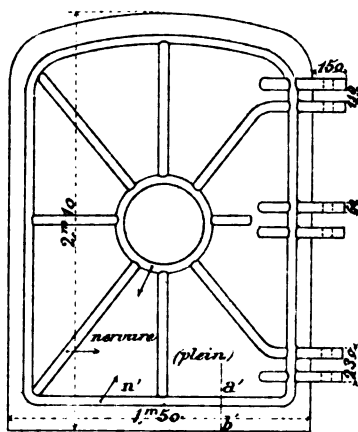
A l'entrée du massif d'investison de l'Ondaine, on a établi, dans le charbon dur et encastrée dans la maçonnerie, une *porte de sûreté* en fonte, très solide, dont le battant reste maintenu sur ses gonds, de façon à pouvoir être fermé de suite au cas échéant (Fig. 29 et 30).

De plus, à proximité de l'avancement, est un dépôt de bois pour permettre la consolidation du chantier et l'aveuglement des trous de sonde (guilles), en cas de venue d'eau anormale.

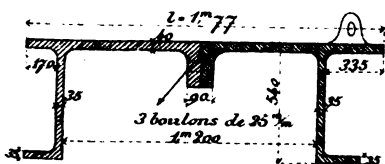
Les venues d'eau fréquentes aux chantiers y occasionnent parfois une charge considérable.

Afin de ne pas réduire la hauteur de tranche, 2^m, 50

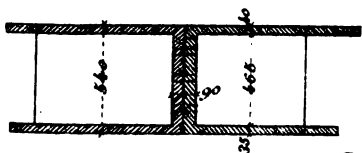
Montant



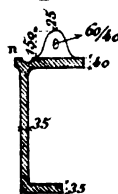
Vue de bout



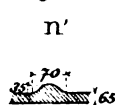
Vue de bout CD



Coupe ah



Coupe a'b'



Coupe cd

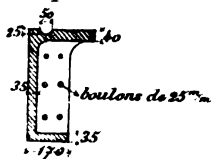


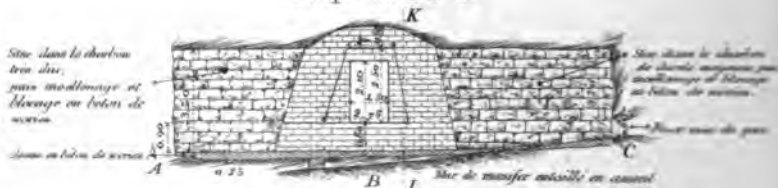
Fig 30. G^{de} C^{he} Malafolie
Aménagement de porte de sûreté contre les eaux

Quartier Teyssier

Plan A B C



Coupe D E F G



Coupe K L

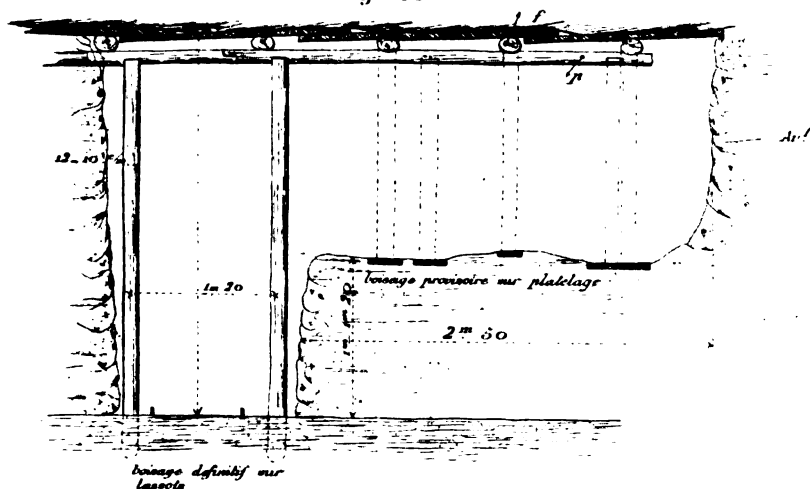


au mur, 2^m,80 à 3 mètres au toit, suivant l'importance de la traversée horizontale, et pour ne pas arrêter la marche en grandes tailles, on prend chaque taille par deux gradins : on s'avance en couronne sur toute la largeur du chantier, de 2^m,50 environ en direction, laissant un gradin à la sole, sur lequel on boise comme d'ordinaire en flandres (Fig. 31); reposant sur des montants et des buttes provisoires, les lignes de flandres étant distantes de 60 cent. à 1^m,20, suivant l'import-

Avancement d'un chantier en charge

Coupe en travers

Fig. 31



Echelle 2 m p m

tance de la charge. Puis on enlève le gradin, en boisant définitivement le chantier au moyen de porteuses *p*, distantes de 1^m,50 les unes des autres et croisant chacune au moins 2 flandres. Dans le gradin de la sole, on commence, bien entendu, par faire l'emplacement des montants de ces porteuses.

La dépense de boisage est appréciable, mais elle est compensée par une économie sensible d'explosifs (charbon dur).

Avantages et inconvénients de la méthode.

Les avantages que présentent les grandes tailles peuvent se traduire ainsi :

1. Dans une taille de 8 mètres de front, conditions courantes, bien que le charbon soit dur (on dépense jusqu'à 10 cent. d'explosifs grisoutine-couche par tonne),

on peut grouper 4 piqueurs produisant 50 bennes ou 25 tonnes. Sur des fronts de 10 et 12 mètres on groupe aisément 6 et 8 piqueurs. Dans les rabatages au mur, de 4 à 5 mètres de front, on place généralement 3 piqueurs faisant 38 à 40 bennes. Les piqueurs se boisent entièrement.

Au point de vue de l'aérage, pour une extraction moyenne de 175 tonnes, on envoie au plus 3 mètres cubes et demi d'air, soit une caractéristique de $\frac{1}{50}$.

Dans le poste d'extraction, le plus actif, on a dans ce quartier 70 à 80 ouvriers, soit 40 à 50 litres par ouvrier, ce qui est suffisant, la température moyenne aux chantiers étant de 20°, bien qu'on ait parfois rencontré des vieux travaux dégageant beaucoup de force ou un peu chauds.

Dans la région Nord-Ouest, au voisinage du grand-barrage de l'ancien feu de Layat, cote 360 (Pl. VI, Fig. 2), où l'on marchait par traçage et recoupes, à cause des vieux travaux plus irréguliers, on a eu des températures de 30 et 32° c., le charbon était en grande partie cokéfié, et ses poussières gênaient beaucoup la respiration. Pour combattre la chaleur dans une certaine mesure tout en rabattant les poussières, on arrosait les chantiers par tuyaux d'embouage, en même temps qu'avec de la terre on damait la sole, dans les différentes tranches. Dans ces conditions la température a pu être abaissée à 28 et même à 25°.

Néanmoins les ouvriers travaillant dans une atmosphère pénible, leur rendement se trouvait réduit de près de $\frac{1}{4}$, chaque piqueur ne produisant guère que 10 bennes ou 5 tonnes.

Près du niveau 380 Ouest, on a travaillé longtemps à 32° le long d'anciens feux, le charbon étant également menu et brisé. Chaque piqueur ne donnait alors que 8 bennes ou 4 tonnes.

2. Les niveaux de sondage aux eaux demandent un aménagement de travaux préparatoires assez importants, et ces traçages sont moins avantageux que les dépilages directs en taille.

Ainsi ces galeries (5/7 p.) avancent par 2 piqueurs, de 1^m,20 par poste avec une production de 25 b. et une dépense moyenne d'explosifs de 20 cent. par tonne (17-22 c.), alors qu'en taille on ne dépasse pas 10 cent. (7 c. environ).

3. La prise en montant des divers sous-étages rend assez onéreuses les conditions de roulage, les plans de desserte allant en s'allongeant, avec paliers intermédiaires aux niveaux à conserver dans l'intérêt général de la mine, au fur et à mesure de l'avancement des travaux. De même il en résulte un surcroît d'entretien.

Il est d'ailleurs à noter que malgré ce mode d'exploitation, le charbon reste dur et bridé ; d'autre part les remblais étant pierreux la région charge assez régulièrement et relativement peu.

Il n'en serait pas de même dans une couche dont le charbon serait irrégulier ou peu dur : la charge en masse ou locale, desserrant ou brisant le charbon, rendrait certainement l'entretien difficile.

C'est pourquoi cette exploitation montante, et ceci est général, demande à être aussi concentrée que possible et à être conduite activement.

REPRISE DE VIEUX TRAVAUX PAR GLANAGES

R. ADRIENNE

Nature de la couche. — La couche est généralement réduite à 4 mètres de puissance et va en s'amincissant et se schistifiant vers l'Est, ainsi qu'au voisinage de l'affleurement. — Le charbon en est peu dur et peu grisouteux. Le mur de gore est ordinairement solide,

mais le toit de schistes est souvent difficile à tenir, surtout en amont. — La couche dans son ensemble est assez régulière. Son pendage moyen est de 25°.

Champ d'exploitation. — La région comprend une zone de 400 mètres en direction, entre la faille de Chapelon et la faille Est (laminage). Les travaux descendent à 125 mètres du jour. La reprise de l'ancienne exploitation date de 1890.

Méthode d'exploitation. — L'exploitation consiste en *glanages*.

On répartit sur le nouveau niveau de base une série de quartiers desservis par des plans inclinés raccordés à un niveau supérieur des bois et des remblais et de retour d'air. Sur chaque plan on branche des sous-étages de 2 à 4 *tranches horizontales*, pris en descendant, les tranches de 2 mètres à 2^m,50 étant dépilées en montant.

Par suite de la présence des vieux travaux on marche par *traçages et recoupes* : dans chaque tranche on s'avance en niveau de part et d'autre du plan, en restant autant que possible dans le charbon, jusqu'aux limites d'exploitation. Si l'on a à traverser des anciens remblais, on loge ceux-ci dans des recoupes prises à proximité soit au mur, soit au toit. Puis on revient par rabatages au mur et au toit, les remblais suivant en arrière.

Cette méthode est donc assez intermittente, c'est-à-dire que la production est assez variable, parce que si l'on est barré de vieux travaux, on doit prendre des recoupes pour créer des vides afin de loger les déblais ; mais, pour maintenir le tonnage, si l'on augmente le nombre de ces recoupes, on aura en fin de dépilage un surcroît de vide à remblayer, auquel cas les conditions courantes de remblayage pourront ne pas suffire. D'où

montrent les conditions d'avancement dans le quartier Massardier.

Nous n'insistons d'ailleurs pas sur cette exploitation, qui est plutôt un cas particulier, néanmoins intéressant à citer.

GRANDE COUCHE DE LA VARENNE

Nature de la couche.

La 8^e couche, à la Varenne, présente une allure assez variable, sa direction générale Est-Ouest passant parfois Nord-Sud, son pendage moyen de près de 40° atteignant vers l'Ouest, 60°, et sa puissance moyenne de 6 mètres, étant réduite à moins de 4 mètres dans les serrées, et dépassant en certains points 7 mètres (PL. VII, FIG. 1, 2, 3 et 4).

Le charbon est peu dur et très peu grisouteux.

La couche ne forme ordinairement qu'un seul banc; cependant vers le Nord-Est, elle se divise en 2, mais cette formation semble être locale.

Au toit on a, comme en 8^e couche Malafolie, une petite couche dont la puissance reste inférieure à 80 centimètres, et d'ailleurs rarement exploitable, son charbon étant cru entre schistes.

Champ d'exploitation.

Le champ d'exploitation comprend 2 étages : l'étage supérieur, entre l'affleurement et le niveau de roulage du puits des Granges, cote 110; l'étage inférieur, entre ce niveau et le niveau de roulage du puits Combes, cote 220.

Le 1^{er} étage a été presque entièrement desservi par le puits des Granges; le 2^e constitue l'étage proprement dit du puits Combes. C'est de celui-ci que nous décri-

vons l'exploitation. De part et d'autre du travers-bancs 220, on étend le champ à l'Est et à l'Ouest. Toutefois ce quartier est réduit à l'Ouest par une serrée et à l'Est est croisé par la faille Nord-Sud de la Varenne.

Caractères particuliers de l'exploitation.

Ce qui caractérise l'exploitation est le développement des travaux d'aménagement au rocher (niveaux de roulage), les dépenses de traçage étant amplement compensées par les économies d'entretien.

Méthode d'exploitation.

Entre les niveaux des Granges et de Combes on prend une série de sous-étages, en descendant, de 10 mètres de hauteur, comprenant 4 tranches horizontales de 2^m,50, défilées successivement en montant.

On dépile simultanément 2 sous-étages, afin d'assurer une production de 200 bennes ou 100 tonnes.

Le champ d'exploitation est divisé en quartiers de 200 mètres en direction, desservis chacun par un plan incliné placé en son milieu et raccordant les niveaux de roulage.

Par suite de la pente de 40°, ces plans sont établis à baïonnette, avec desserte par chariot-porteur, pour éviter les pertes de charbon.

Au lieu de grands plans de 150 à 180 mètres, on a des petits plans de 80 mètres au plus, faciles à entretenir et dont la desserte se fait sans difficulté. Chaque petit plan peut ainsi passer, aménagé à 1 benne, 250 bennes par poste.

Ces plans sont au mur de la couche ; ils sont donc raccordés par des travers-garages au rocher avec les niveaux de desserte tracés également dans le gore dur du mur.

montrent les conditions d'avant
Massardier.

Nous n'insistons d'ailleurs
qui est plutôt un cas particulier
à citer.

GRANDE COUCHE DE

Nature de la

La 8^e couche, à la Varenne
assez variable, sa direction
parfois Nord-Sud, son pendage
atteignant vers l'Ouest, 60°,
de 6 mètres, étant réduite à
serrées, et dépassant en
(PL. VII, FIG. 1, 2, 3 et 4).

Le charbon est peu dur et

La couche ne forme ordinairement
cependant vers le Nord-Est.
cette formation semble être

Au toit on a, comme en 8^e couche
couche dont la puissance restait
tres, et d'ailleurs rarement
étant cru entre schistes.

Champ d'exploitation

Le champ d'exploitation
supérieur, entre l'affleurement
du puits des Granges, cote
ce niveau et le niveau de
cote 220.

Le 1^{er} étage a été presque
le puits des Granges ; le 2^e
dit du puits Combes. C'est

elle est très grisouteuse et a donné
prises à des dégagements instantanés

ation et travaux d'aménagement.

exploitation de 600 mètres environ en
pris entre la faille du Soleil et l'in-
ufacture. L'étage, de 23 mètres envi-
— 93,85 — 117-25), a 250 mètres
ec.

à sa partie inférieure par un niveau
ghé sur le travers-bancs aboutissant au
puits Villiers) d'extraction et d'arrivée
niveau supérieur raccordé au travers-
de la Pompe, de desserte des bois et
servant aussi de retour d'air. (Pl. VII,

massif d'investison de 50 mètres de part
na 2 puits.

es particuliers de l'exploitation.

caricise cette exploitation prise par tran-
et grandes tailles chassantes, avec rem-
nés, c'est la lenteur donnée à la marche
à cause du grisou, dont on se protège
instantanés) par des sondages métho-

ingénieur en chef à la Compagnie des Houillères
né, dans un mémoire sur la pression du grisou
la 13^e couche du Treuil (*Bulletin de l'Industrie*
décrit plusieurs de ces dégagements. Par des
odiques de 1 à 7 mètres de profondeur exécutés
entiers en traçages et en tailles, on a mesuré
signant 3 kg. par centimètre carré.

La méthode d'exploitation est celle de *rabattants*, examinée en détail à propos de la couche Malafolie. Elle n'offre ici rien de nouvelles mêmes conditions d'avancements et de dépil de déhouillement analogue, 3 mois environ etc.

Les conditions de l'aérage sont ici très satisfaisantes la couche n'étant pas grisouteuse.

A cause du voisinage de la surface, et de l'affleurement, l'aérage est réglé par un soufflant installé au puits Combes, du type D = 2 mètres, L = 1^m,20, dans les mêmes conditions qu'au puits du Ban, et dont nous avons fait les avantages à propos de l'exploitation de la couche du Ban (1).

Il est à remarquer qu'on ne prend ici jusqu'à aucune mesure contre les échauffements, la couche étant moins inflammable qu'à la Malafolie.

13^e COUCHE DU TREUIL

Nature de la couche.

La couche comprend 2 bancs : le banc reposant sur un mur de gore dur, a près de 20 de puissance, de charbon massif, planché, peu dur et traversé de filets moureux ; au-dessus 20 à 40 centimètres de gore dur, dit carreau, 20 centimètres à 1^m,50 de charbon cru. Comme la couche du gore dur.

La couche est régulière et très peu inclinée.

(1) 1^{re} Partie; Exploitation des couches puissantes.

mètres par mètre. Elle est très grisouteuse et a donné lieu à plusieurs reprises à des dégagements instantanés de grisou (1).

Champ d'exploitation et travaux d'aménagement.

Le champ d'exploitation de 600 mètres environ en direction, est compris entre la faille du Soleil et l'investison de la Manufacture. L'étage, de 23 mètres environ de hauteur (— 93,85 — 117-25), a 250 mètres suivant le pendage.

Il est desservi à sa partie inférieure par un niveau de roulage branché sur le travers-bancs aboutissant au puits du Treuil (puits Villiers) d'extraction et d'arrivée d'air ; et par un niveau supérieur raccordé au travers-bancs et au puits de la Pompe, de desserte des bois et des remblais, servant aussi de retour d'air. (Pl. VII, Fig. 5.)

On garde un massif d'investison de 50 mètres de part et d'autre de ces 2 puits.

Caractères particuliers de l'exploitation.

Ce qui caractérise cette exploitation prise par *tranches inclinées et grandes tailles chassantes*, avec remblais simultanés, c'est la lenteur donnée à la marche des travaux, à cause du grisou, dont on se protège (dégagements instantanés) par des sondages méthodiques.

(1) M. Petit, ingénieur en chef à la Compagnie des Houillères de Saint-Etienne, dans un mémoire sur la pression du grisou renfermé dans la 13^e couche du Treuil (*Bulletin de l'Industrie minière*, 1894) décrit plusieurs de ces dégagements. Par des sondages méthodiques de 1 à 7 mètres de profondeur exécutés dans divers chantiers en traçages et en tailles, on a mesuré des pressions atteignant 3 kg. par centimètre carré.

Méthode d'exploitation.

On n'exploite pas la couche crue au toit.

On dépile la grande couche par 2 tranches inclinées de 2^m,50 environ de hauteur, en prenant tout d'abord la tranche du toit sous le carreau, à cause de la nature franchement grisouteuse de la couche : le grisou se draine ainsi plus facilement ; on évite d'avoir du gaz en couronne et l'on ne s'expose pas à en avoir en cloche en cas d'éboulement. Ainsi, dans la tranche du mur, on a des teneurs très faibles de grisou.

Les échauffements sont moins à craindre, le charbon étant moins brisé et les remblais existant toujours en couronne ; par suite de la présence de ces remblais, même en cas d'éboulement, les cloches ne sont que très locales, la charge se faisant rarement en masse.

La méthode inclinée convient bien parce que le pendage de la couche est précisément assez faible pour ne pas nécessiter d'organisation spéciale pour le roulage dans les tailles, la couche étant régulière. Les conditions d'aérage sont satisfaisantes et l'abatage en grandes tailles est facile. De plus, les remblais sont en partie argileux et tiennent par conséquent bien lors du dépiilage de la tranche inférieure.

Marche des travaux.

Le long de la zone d'investison, on se raccorde en descente entre les deux niveaux de roulage supérieur et inférieur. Puis on part en *chassant* à l'est et à l'ouest, en découpant des panneaux de 40 à 50 mètres suivant le pendage, les tailles ainsi délimitées étant poussées en gradins droits, celles d'amont marchant par conséquent en avant. Chaque taille marche par lignes de *flandres* de 1^m,50 d'écartement, les remblais suivant de jour au fur et à mesure de l'avancement. Il

n'y a que 3 à 5 piqueurs, ne produisant que 60 à 100 bennes ou 24 à 40 tonnes. Ce rendement est obtenu régulièrement, parce que les piqueurs ne font que le garnissage en couronne, butté provisoirement, des boiseurs en arrière consolidant le chantier en flandres. Il convient de dire que la région charge peu. Le charbon n'est pas dur. Les explosifs sont interdits.

Le *roulage* dans chaque taille ou d'une taille à l'autre jusqu'au niveau de roulage se fait au moyen d'*échelles*, remplaçant les grands plans inclinés généralement employés, et dont la disposition et l'entretien sont plus économiques.

Une échelle consiste dans l'aménagement, dans une ligne de flandres de la taille, d'une voie ferrée sur traverses en fer, facile à établir et à déplacer au besoin; le roulage par 2 bennes s'y fait à la chaîne (fuselage) (Fig. 33). Par suite du remblayage simultané, le roulage étant circulaire, les bennes arrivant au chantier pleines de remblais, y sont déversées, en amont de la taille par exemple, pour le remblayage de l'avant-dernière ligne de flandres, et rechargées de charbon à l'aval. L'extraction étant très restreinte, ce mode de remblayage est par suite suffisant.

Pour la desserte d'un groupe de chantiers, ces échelles sont disposées en gradins. Elles servent en effet de remontes d'aérage en même temps, enrichissant d'air frais les tailles successives en montant; pour la répartition progressive du courant d'air dans chacun des chantiers, il convient donc de créer des résistances particulières au circuit; d'où cette disposition en gradins.

Ces échelles (1) sont déplacées ici tous les 40 mètres

(1) Nous insistons sur ce dispositif parce que son emploi peut être généralisé dans les régions en charge, aussi bien en grandes couches qu'en couches minces.



Fig. 33. Schéma de l'E de la 13^e Couche du

environ, lorsqu'elles ne sont plus en bon état et à mesure de l'avancement des tailles, ce résultant de la charge des remblais.

En effet, on compte pour chaque taille un avancement moyen de 40 centimètres par poste, pour un travail de 45 à 50 mètres mené par 5 piqueurs, et pris de bas par recoupes de 10 à 15 mètres. Soit une durée de 4 mois pour un avancement de 40 mètres.

Parfois même, l'avancement a été réduit à 10 mètres par semaine en cas de dégagements importants reconnus dans les sondages au grisou.

Le remblayage simultanément à l'extraction s'impose ici : en effet, les chantiers doivent être très surveillés à cause du grisou, et la surveillance de nuit à tous les instants est généralement moins efficace que celle de jour ; de plus, les remblais doivent être soignés à cause du passage en 2^e tranche au-dessous de ceux-ci.

Dans chaque taille on a donc une ligne de flandres en avancement, une 2^e pour le roulage et une 3^e en remblayage. Les remblais sont terreux, ne contenant que 15 à 20 p. % de pierres. Leur tassement est par suite assez important. Au bout de 18 mois environ, où il est à peu près complet, une tranche de 2^m,50 se réduit à 1^m,50 ; les remblais sont suffisamment fermés pour qu'on puisse repasser aisément au-dessous dans la tranche du mur, sans surcroît de boisage (garnissage) ; ces remblais tiennent bien.

On place environ 50 p. % en volume de remblais.

Le même matériel servant au charbon et au remblai, il en résulte que, dans chaque taille, les bennes arrivant deux par deux, l'une pleine de remblais, l'autre vide, pendant qu'on déchargera la première on remplira l'autre de charbon, et l'on n'aura pas de retard dans le roulage.

La partie d'amont du champ d'exploitation étant très avancée ou même défilée, on passe en 2^e tranche, au mur, de la façon suivante : on part, comme en première, de la zone d'investison en descente, du niveau supérieur, en plongeant pour atteindre le mur que l'on suit jusqu'au niveau inférieur, ou sur une longueur déterminée si ce traçage se fait en plusieurs tronçons, que l'on raccorde alors avec la descente analogue en première tranche, dont on remblaie ensuite la partie d'amont devenue inutile.

De cette descente on fera partir les chantiers en taille comme dans la tranche du toit.

Les travaux de traçage menés suivant le pendage de la couche en descendant, c'est-à-dire avec une faible pente, sont desservis, pour le roulage, par une voie avec contrepoids. L'aérage est assuré par des caisses de 0^m,60/1^m,50, en bois, à joints par emboîtement, jugées plus avantageuses que les tuyaux en tôle généralement employés ailleurs de 250 et 350 millimètres de diamètre ou elliptiques de 350/500 millimètres ; mais d'un prix plus élevé.

Durant cette période de traçage, on conserve le niveau supérieur à remblais dans le banc du toit ou on le déplace au mur, suivant les conditions d'entretien. Il en sera de même pour le niveau de roulage inférieur.

Mesures contre le grisou.

1. Ainsi que le montre le schéma FIG. 33 ci-dessus, l'aérage très actif est réparti de façon que le courant, au fur et à mesure qu'il remonte dans les différentes tailles, s'enrichisse d'un petit courant d'air frais à chaque chantier, et conserve une teneur moyenne en grisou inférieure à 4 ‰.

Un grisoumètre auto-capteur Petit (1) installé dans le retour d'air général, permet de vérifier cette teneur à chaque instant. Le volume d'air, qui doit être suffisant pour diluer le grisou, doit être néanmoins limité eu égard à l'inflammabilité du charbon.

Dans le groupe de chantiers en question, où l'on produit 400 bennes ou 160 tonnes, on envoie 10 mètres cubes d'air, soit une caractéristique d'aérage de 1/16.

(1) La description de cet appareil a été publiée par M. Petit, en 1895 (*Comptes rendus mensuels de l'Industrie minière*).

2. Afin de prévenir les dégagements instantanés et pour drainer le grisou, on fait méthodiquement dans tous les chantiers une série de sondages prolongée au fur et à mesure de l'avancement. Les trous de sonde ont 65 millimètres de diamètre, 7 mètres de profondeur et sont répartis tous les 10 mètres suivant la taille.

Les expériences de M. Petit sur la pression et le débit du grisou ont montré que les conditions en étaient très variables, même de deux points très rapprochés. Néanmoins il a pu formuler les remarques et établir les moyennes suivantes :

Jusqu'à 3 mètres (profondeur où le charbon se des-serre dans la taille ou se fendille en niveau), la pression peut atteindre jusqu'à 30 centimètres d'eau en taille et 30 centimètres de mercure en niveau.

Cette pression va en croissant de 3 à 7 mètres.

A 7 mètres, elle reste généralement inférieure à 40 centimètres de mercure en taille, mais varie de 1 kg. 4 à 3 kg. par centimètre carré en niveau.

Les débits varient suivant la profondeur, de 2^l,5 à 6^l,5 par minute.

Dans les mesures courantes (durée d'expérience 10 minutes), on admet les moyennes suivantes :

Basse pression.....	3 ^{cm} ,5 de mercure.
Moyenne pression.....	15 —
Haute pression.....	41 —
Faible débit.....	2 ^l , 5 par minute.
Débit moyen.....	3 —
Débit élevé.....	6, 5 —

En somme, ces sondages méthodiques constituent un procédé de drainage efficace du grisou, et à plusieurs reprises ils ont permis de prévenir le retour de dégagement instantané et d'éviter tout accident. Cette méthode est donc à recommander en pareil cas.

e

**c
a
u**

13

and
or
t

9



er
38
0
er
u
os
u

mètres est variable. Pendage moyen 25°. La couche est, de plus, grisouteuse.

Champ d'exploitation et travaux d'aménagement.

Le champ d'exploitation, desservi par les deux puits Pélissier et Ambroise, comprend deux quartiers, l'un en amont de la cote-8 de roulage au puits d'extraction Pélissier, exploité par tranches horizontales ; l'autre, entre le niveau de roulage cote-8 du puits Pélissier et le niveau d'aérage cote-63 du puits d'arrivée d'air Ambroise, exploité par tailles inclinées et en vallée et dont nous nous occuperons ici (1).

Les travaux d'aménagement consistent en un plan desservi par treuil à air comprimé, situé dans le banc du mur au milieu du quartier, et raccordé aux niveaux Pélissier et Ambroise.

Les étages de 10 mètres étant pris successivement en descendant, pour la desserte de chacun d'eux, on branche sur le plan, au sommet et à la base, un garage dans le 1^{er} banc et un travers recoupant les 3 autres bancs, et en raccord avec les chantiers dans ces différents bancs. Le travers inférieur sert à l'arrivée d'air et à l'évacuation du charbon ; par le travers supérieur se font le retour d'air et l'arrivée des remblais.

Caractère particulier de l'exploitation.

Ce qui caractérise cette exploitation c'est la charge considérable, charge en masse provoquée par la faille du Gagne-Petit au toit de la couche, et par le peu de consistance de la couche et de ses entre-deux de

(1) En direction le champ n'a guère que 150 mètres, resserré entre la limite de la Concession et les investissements des 2 puits en question.

schistes, charge d'autant plus grande que leur inclinaison est faible.

L'exploitation est par suite conduite très rapidement, en vue de réduire l'entretien ; et d'autant plus que le charbon est inflammable, comme étant poussiéreux et sec.

Méthode d'exploitation.

On dépile par *tailles inclinées chassantes* les différents bancs, en commençant par celui du toit.

Les 3 bancs sont pris simultanément.

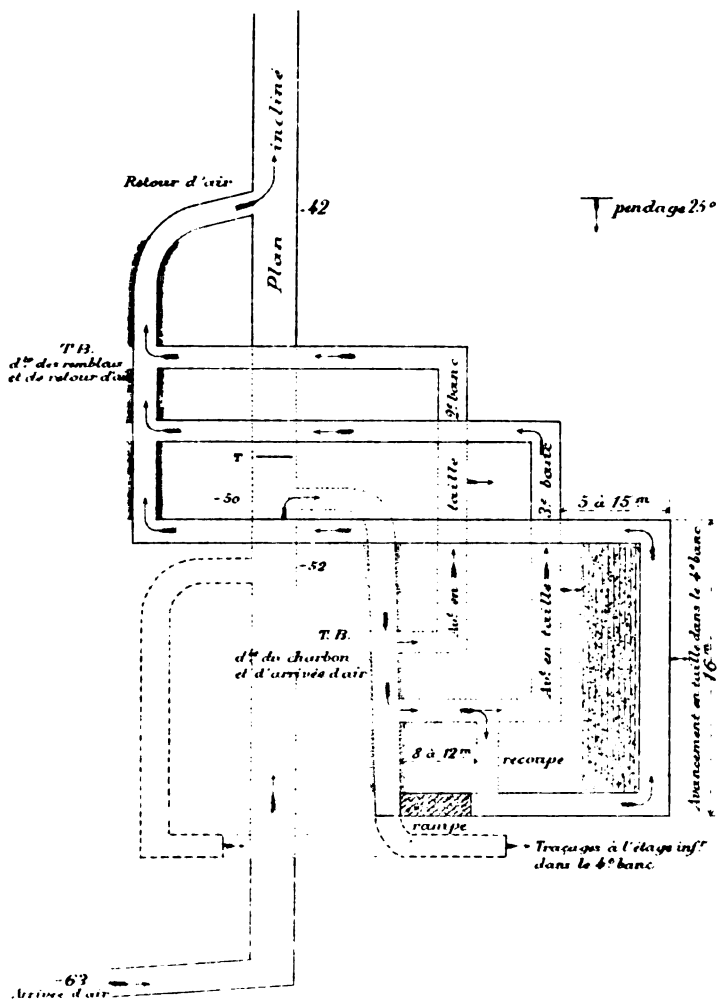
Ainsi que le représentent la PL. VII, FIG. 6 et le schéma FIG. 35 ci-contre, lorsque les tailles dans le 4^e banc sont avancées de 10 à 15 mètres environ, on attaque le 3^e banc également en taille et, durant la marche des travaux, pour réduire l'entretien des niveaux de desserte au fur et à mesure de l'avancement, on raccorde les niveaux desservant le 4^e banc par des travers pris tous les 15 mètres par exemple, à ceux du 3^e banc, et l'on remblaie les parties de niveaux en arrière devenus inutiles, et ainsi de suite pour les 3^e et 2^e bancs. Lorsque le 4^e banc d'un étage est achevé, on attaque le 4^e banc de l'étage inférieur alors entièrement préparé ; et l'on passe de même dans les différents bancs au fur et à mesure de l'achèvement du banc correspondant à l'étage de dessus.

Conditions d'exploitation.

1. Dans chaque banc, où l'on marche par taille chassante, l'alignement en taille se fait en raccordant près des travers de desserte les 2 niveaux supérieur et inférieur par une recoupe de 2 à 3 mètres prise en descendant ; puis on s'avance en chassant, boisant par lignes de flandres croisées en porteuses à cause de la charge. L'évacuation des charbons se fait par couloirs.

Schéma de l'Exploitation de la 13^e C^{he} de Villebœuf
 Etage -40-50
 et préparation de l'Etage -50-60

Fig. 35



Les conditions d'avancement sont d'ailleurs les mêmes que dans les couches minces.

2. Par suite de la charge, il convient que les chantiers dans les différents bancs se suivent de très près, pour permettre, grâce aux remblayages partiels dont il a été question, d'avoir très peu de longueur de niveaux vides à entretenir. Lorsqu'on passe à l'étage inférieur, on est obligé de créer un nouveau niveau de desserte des remblais, celui desservant le charbon à l'étage en amont ayant été remblayé au fur et à mesure de l'avancement de la taille, et ceci pour chaque banc, ainsi qu'il a été dit. C'est ce qui est représenté sur la PL. VII, FIG. 6, pour la marche en taille dans le 4^e banc dans l'étage 50-60.

Par suite de ce remblayage progressif, on voit que lorsqu'une taille arrivera en fin de dépilage, il y aura peu de chose à faire pour achever complètement son remblayage.

3. On prend les différents bancs par une seule tranche ; mais lorsque l'épaisseur dépasse 3 mètres, on laisse du charbon au toit, que l'on reprend en arrière de la taille à quelques mètres de celle-ci. par recoupes successives, le pendage étant assez faible, prises du niveau supérieur du chantier : la marche en recoupes, plus lente que l'avancement en tailles, est employée à cause de l'irrégularité de la couche.

4. Cette exploitation offre un exemple intéressant d'exploitation en vallée par un seul plan de desserte.

Le grand inconvénient de ce mode d'exploitation provient généralement des eaux. Or ici le quartier est sec. L'avantage de cette méthode est que les travaux préparatoires y sont ordinairement très restreints. Mais la desserte d'un tel quartier est plus limitée et plus onéreuse que dans l'exploitation ordinaire.

Mesures contre les feux.

Par suite de la nature poussiéreuse de la couche, dont le charbon est en plus très sec, les échauffements sont à craindre, d'autant plus qu'on a des schistes d'entre-deux. Mais la charge considérable de la région l'en protège en partie, remarque analogue à celle qui a été faite à propos de l'exploitation de la grande couche du Ban à Labarge (1^{re} Partie : *Exploitation des couches puissantes*).

On pourrait songer à marcher par traçage et rabatage, méthode plus sûre dans les zones épaisses, prises en deux temps, mais la charge ne le permet pas.

En réalité on ne prend aucune mesure spéciale en vue d'éviter les feux. La méthode inclinée s'y prête d'ailleurs mal et la multiplicité des chantiers ne permet que difficilement d'agir efficacement, ainsi que nous l'avons fait remarquer à propos des grandes couches. La méthode horizontale offre à ce point de vue un avantage important. Mais on a dû ici renoncer à son emploi à cause des dépenses d'entretien trop considérables.

Outre le dépilage actif, un étage durant 6 mois, on se borne à bien enlever tout le charbon, à tirer les schistes d'entre-deux, qui entrent pour la plus grande partie des remblais. Le volume d'air est mesuré suffisant pour diluer le grisou et chasser les poussières, c'est-à-dire sans excès. Ainsi, dans le quartier en question, où l'on fait 180 t., on envoie 17 mètres cubes d'air, soit une caractéristique d'aérage de $\frac{1}{10}$ environ.

EXPLOITATION DE LA PRINCIPALE BRULANTE DE MONTRAMBERT

Nature de la couche.

La principale Brûlante comprend 2 bancs séparés par des schistes et gore de puissance variable. Le banc du toit est inférieur à 2 mètres, et constitue une exploitation différente de celle de la couche principale, dont la puissance, en moyenne de 3^m,50, atteint jusqu'à 6 mètres. Le pendage en est variable, avec zones en replats ou en dressants ; il est de 40° en moyenne.

Le charbon est peu dur, le plus souvent menu et difficile à tenir. Mur de gore avec faux-mur de schistes gris noirs ; faux-toit de schistes charbonneux sur 15-40 centimètres et de schistes gris ayant jusqu'à 3 et 4 mètres ; vrai toit de gore.

La couche n'est pas grisouteuse.

Champ d'exploitation et travaux d'aménagement.

On dépile actuellement l'étage 406-456, entre la faille des Maures à l'Est et une zone laminée à l'Ouest.

D'une façon générale, nous rappelons qu'à Montrambert, on prend des étages descendants de 50 mètres et dans chacun d'eux on déhouille simultanément toutes les couches. L'étage comprend 4 sous-étages de 12^m,50, chacun d'eux de 5 tranches horizontales de 2^m,50, les sous-étages étant pris en descendant et les tranches en montant.

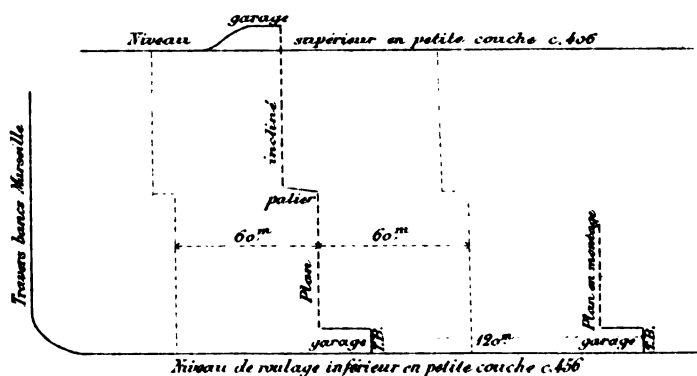
Dans la petite couche au toit, on trace un niveau de base (cote 456) pour le roulage. Sur celui-ci on branche tous les 120 mètres un travers raccordant la couche principale, et de ce travers, en ménageant un garage,

on monte un plan de desserte jusqu'au sommet du champ d'exploitation (cote 406).

Ce plan, établi suivant le pendage lorsque celui-ci est inférieur à 45° , et oblique à cette pente quand ce pendage est plus élevé, est divisé en deux en son milieu par un palier intermédiaire (plan à baïonnette). On a par suite en réalité 2 petits plans, plus faciles à entretenir, car dans un plan unique très incliné on ne saurait sans danger mettre 2 équipes à l'entretien. Or, la méthode même par défilage de plusieurs tranches simultanément tend à augmenter la charge, déjà importante, le charbon étant menu. De plus, ces petits plans sont desservis par chariot-porteur. Les manœuvres en sont facilement commandées à la voix au freinteur de tête. Ce dispositif est donc bon à appliquer en pareil cas (schéma Fig. 36).

Exploitation de la principale Brûlante à Montrambert

Fig. - 36



Le champ d'exploitation d'un quartier n'est que de 60 mètres de part et d'autre du plan de desserte correspondant.

La desserte des charbons se fait par le niveau de

base, qui sert également d'arrivée d'air. Le niveau supérieur sert de retour d'air et à l'arrivée des bois et des remblais.

Caractères particuliers de l'exploitation.

La méthode d'exploitation est caractérisée par la concentration des dépilages dans un seul sous-étage, dont on prend simultanément les différentes tranches en montant, ce qui permet de donner une très grande activité aux chantiers. Cette méthode est de plus applicable aux couches très irrégulières, très inclinées, même verticales.

Méthode d'exploitation.

Dans un sous-étage, chaque tranche est dépilée par *taille* en partant du plan, en prenant tout le charbon au mur et au toit, en conservant le niveau de roulage, non sur le mur qui tend à souffler, mais au milieu des remblais, ceux-ci tenant mieux. Arrivé à la limite du champ d'exploitation, on remblaie rapidement.

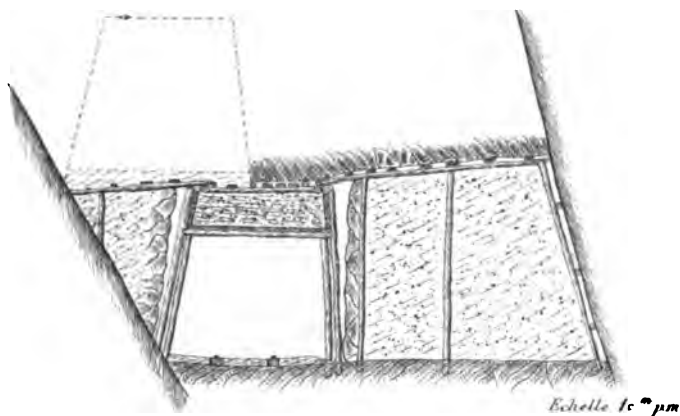
Pour permettre le dépilage simultané de plusieurs tranches, dont les niveaux de roulage se superposeront, vu le pendage très raide de la couche, au fur et à mesure de l'avancement d'une taille, on fait dans le niveau de roulage et en couronne un *matelas en terre*. On peut alors dépiler au-dessus sans inconvénient.

Pour cela (Fig. 37) on tend le boisage de 20 à 40 centimètres au-dessous de la couronne; sur les tendards on fait un plafond en écoins, sur lequel on dame de la terre.

On passe en dessus et l'on fait marcher la tranche en retrait de 15-20 mètres sur la tranche inférieure.

On dépense par suite une assez grande quantité de garnissage, mais on économise pour le doublage du

Fig. 37



boisage la longueur de bois correspondant à l'épaisseur du matelas.

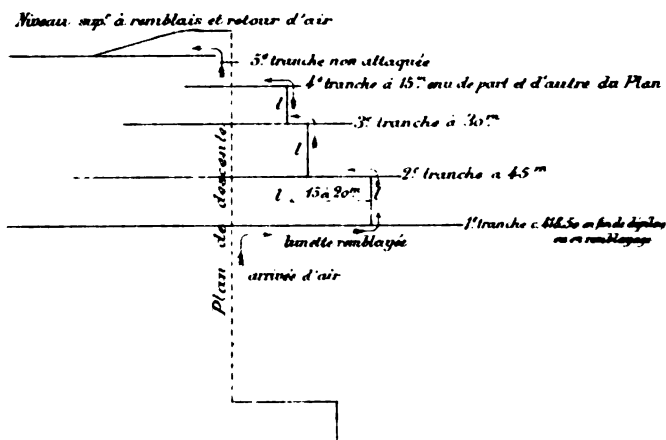
Ce matelas, en même temps qu'il permet le dépilage de tranches simultanées, évite les infiltrations d'air en couronne, toujours dangereuses au point de vue des échauffements. Ensuite les niveaux chargent moins, le matelas maintenant les cadres et empêchant les chapeaux de se briser. La charge se répartit en masse, mais la sole tend à souffler, ce qui nécessite souvent un rebanchage réduisant d'autant le matelas.

Il y a donc nécessité de dépiler rapidement.

Le schéma ci-après (Fig. 38) montre les conditions de dépilage du sous-étage 418,50. Chaque tranche prise par 3 piqueurs de part et d'autre du plan, de traversée moyenne de 4 à 5 mètres, dure 3 mois environ, temps qu'il convient de ne pas dépasser, le charbon étant menu et l'aérage dans les chantiers se faisant en partie par diffusion, c'est-à-dire au point de vue des échauffements; de même à cause de la charge.

Pour atténuer dans une certaine mesure les effets de

Fig. 38



l'aérage par diffusion, on ménage tous les 12-15 mètres une lunette dans le matelas à chaque niveau pour permettre la communication avec la tranche supérieure au fur et à mesure de son avancement, en sorte que l'aérage sera réparti comme le représente le schéma en question.

Modifications applicables à la méthode d'exploitation.

Lorsque la charge est considérable, ou si le charbon est très inflammable, la méthode n'est plus entièrement satisfaisante. Il vaut mieux, comme on le fait à la Béraudière, pour la même couche, dépiler par une seule tranche dans une série de sous-étages. On marche alors par traçage et rabatages, entre plan et remonte d'aérage, les rabatages étant pris par tailles ou en travers suivant l'importance de la traversée de la couche.

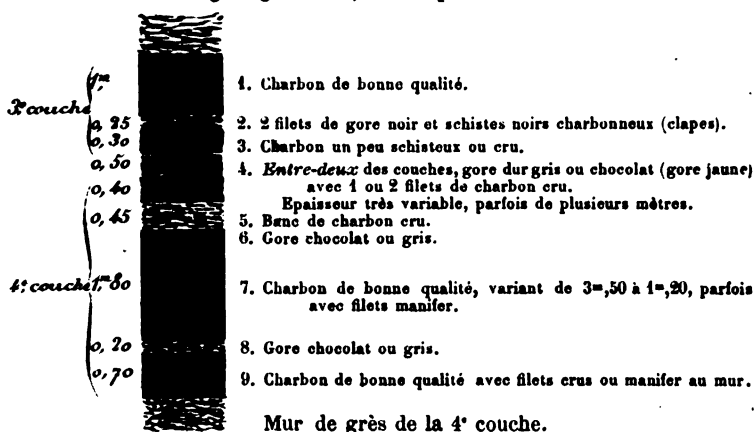
3° ET 4° COUCHES MALAFOLIE

Nature de la couche.

Dans le quartier O. Monterrad, où l'on exploite simultanément les 3° et 4° couches Malafolie alors réunies (1), la coupe est la suivante dans les zones régulières (Quartier du Jaune).

FIG. 89

Toit de gros gore noir, dur et planché de la 3° couche.



Soit une puissance moyenne totale de 5^m,60, dont 4^m,20 utiles. On a un laminage à l'Est (érosion par-

(1) Bien que les couches Malafolie ne soient pas encore classées dans le système de Gruner, sauf la grande couche ou 8°, la 3° couche Malafolie semble correspondre à la 12° (Crue). Gruner considère la 3° couche et ses bancs crus du mur comme une seule formation. Nous verrons que ces bancs inférieurs ou 4° couche Malafolie ont une formation différente de la 3° couche, à propos de leur exploitation. (3° Partie : Exploitation des couches minces de houille dans le bassin de la Loire.)

tielle), et à l'Ouest une série d'accidents assez remarquables, ainsi que le montre le plan d'ensemble. (Pl. VII, Fig. 7.)

Les couches forment un ensemble peu régulier. Le pendage moyen est de 20°. Le charbon est dur, peu grisouteux.

Champ d'exploitation.

Le champ d'exploitation comprend une zone de 100 mètres environ en direction, entre les accidents limites Est et Ouest, et une hauteur de 26 mètres entre les niveaux du canal et du Jaune (310-336). Ce quartier est de plus limité, à l'Est, par l'ancienne exploitation en 3^e couche, et le champ actuel est traversé d'anciens travaux de recherche dans cette couche.

Un plan desservant les chantiers est situé en 3^e couche au milieu du quartier et raccorde les niveaux inférieur et supérieur pour le roulage et l'aérage, ainsi que pour l'arrivée des bois et des remblais.

Caractère particulier de l'exploitation.

L'exploitation est caractérisée par ce fait qu'on a un faisceau de bancs très rapprochés, mais d'allure et de nature souvent très différentes et qu'on dépile simultanément.

Méthode d'exploitation.

Par suite de l'irrégularité du gisement, on dépile par *tranches horizontales*. Les sous-étages, pris en montant, sont de 4 tranches de 2^m,50, enlevées également en montant. On dépile simultanément deux sous-étages, mais dans chacun d'eux une seule tranche, pour permettre une production courante de 100 bennes au moins, pouvant atteindre 200 bennes, soit 50 à 100 tonnes.

Dans chaque tranche, on part à droite et à gauche du

plan en traçage (garage) dans la 3^e couche, jusqu'à 10 mètres, où l'on se raccorde avec une remonte d'aérage reliant les différentes tranches.

1. Au delà de chaque remonte on dépile autant que possible en *grande taille* si les nerfs ne sont pas trop importants, c'est-à-dire en prenant toutes les deux couches.

Pour cela, continuant l'avancement en 3^e couche de 5 à 10 mètres, on prend de part et d'autre de chacune des remontes, à 5 mètres environ, des travers en 4^e couche pour le roulage et l'aérage, en même temps alignements de chantiers que l'on poursuit en taille (Pl. VII, Fig. 8, 9 et 10).

2. Le plus souvent, à cause de l'irrégularité des bancs, de l'épaisseur trop grande des nerfs entre la 3^e et la 4^e couche, on marche par chantiers séparés.

En 3^e couche, on s'avance en traçage jusqu'aux accidents limites, revenant ensuite par rabatage au mur : la couche n'ayant que 1^m,30 d'épaisseur moyenne, et un pendage de 20°, on prend pour ce rabatage une *taille inclinée* jusqu'à la hauteur de 2^m,50, sorte de *méthode mixte* ; et comme, par suite du faible pendage de la couche, on ne repasse pas sur ces travaux dans les différentes tranches, on se contente de remblayer par quadrillages.

En même temps qu'on marche en traçage dans la 3^e couche, au contraire dans la 4^e, plus importante, on s'avance par *grande taille* en tranche horizontale sur 2^m,50 de hauteur, avec deux niveaux de desserte pour le roulage et l'aérage ; mais dans les zones barrées ou amincies, on réduit le chantier à un seul niveau, que l'on raccorde au fur et à mesure de l'avancement à celui de la 3^e couche, par des travers pris tous les 10 ou 15 mètres pour l'aérage.

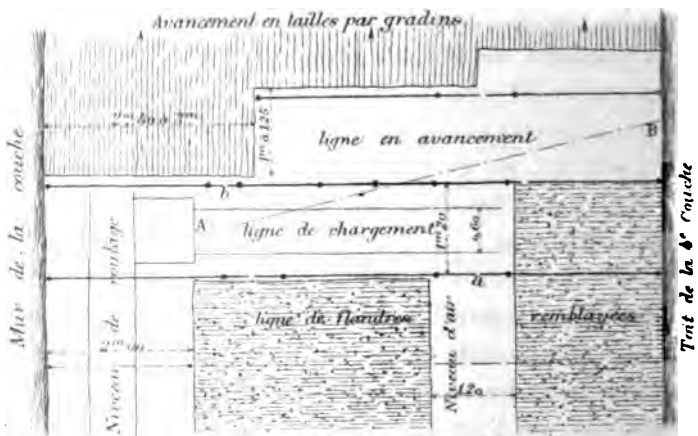
Arrivé à la limite d'exploitation, on revient par rabattage au mur, les remblais suivant en arrière, complets par toute la tranche (chantiers et niveaux).

Puis on dépile le massif situé le long du plan, et l'on remblaie entièrement la tranchée au voisinage de celui-ci. On passe ensuite dans la tranche supérieure.

Marche des travaux.

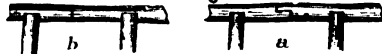
Les chantiers pris ainsi en grandes tailles sont disposés en gradins, la couche étant dépilée banc par banc en partant du toit, le charbon étant mieux desserré et les nerfs mieux séparés. Le quartier ne chargeant pas, cette disposition est avantageuse (Fig. 40). L'importance des gradins varie avec la nature de la couche (dureté, nerfs) et la nécessité de pouvoir charger directement le charbon sur la voie de roulage.

Fig 40 Schéma d'un chantier



Echelle 1/4 p. m.

Raccord du boisage en flandres



Le boisage exécuté parfois obliquement suivant A B donne plus de facilité pour le chargement ; mais il ne convient que si la taille ne force pas du tout.

Lorsque la charge devient exceptionnellement importante (au contact des vieux travaux), ou quand la couche est trop irrégulière, on ne marche plus que par un seul front et le boisage en flandres est croisé en portees.

Dans les zones de vieux travaux ne chargeant pas, la marche par gradins permet le curage de ceux-ci, tout en faisant à côté du charbon propre.

Cette exploitation semble donc présenter les deux anomalies suivantes : prise en montant des sous-étages et remblayage partiel, bien qu'on dépile par tranches horizontales. Il convient de dire que le charbon est très dur (la dépense d'explosif variant de 10 à 35 centimes par tonne), nerveux, et très peu inflammable.

Les dépilages montants, que l'on ne doit employer qu'exceptionnellement (comme nous l'avons vu en grande couche Malafolie, quartier de Teyssier, à cause des eaux) dans les couches où les feux sont à craindre, ont été ici adoptés pour obtenir le desserrage du charbon, lequel reste néanmoins bridé par les nerfs aux différentes tranches. Chaque tranche ne dure d'ailleurs que 2 mois $1/2$ en moyenne.

Le remblayage partiel est de même admissible, parce que la région ne charge pas du tout, même le long des anciens travaux, parfaitement conservés, bien que vides. Comme les dépilages sont rapides, ces remblais n'ont pas le temps de dégager de la force. D'autre part, le grisou ayant été drainé par les vieux travaux, les vides que peuvent présenter les remblais sont sans inconvénient. Toutefois, dans les parties entièrement fermées, le remblayage demande à être très soigné ; en effet, tous les remblais provenant de la

mine, soit des nerfs d'entre-deux aux chantiers mêmes, soit d'amont, de travaux de recherche ou d'entretien, sont secs et tiennent généralement plus difficilement que ceux provenant du jour, qui, frais, prennent en masse une fois placés et se tassent plus régulièrement; ils sont plus faciles à tenir lorsqu'on repasse au-dessous.

Mesures contre les eaux et les feux.

La région étant sèche et le charbon peu inflammable, on ne prend aucune mesure spéciale en dehors de l'exploitation. Toutefois on dépèle aussi rapidement que possible, et dans les travaux on envoie seulement la quantité nécessaire d'air pour n'avoir pas de grisou, ni de force, la température aux chantiers ne dépassant guère 20°.

GRANDE COUCHE DU BAN, QUARTIER DES TROIS-PONTS

Nature de la couche.

La grande couche du Ban, dans le quartier des Trois-Ponts, entre les quartiers du Ban et de Labarge, dont l'exploitation a été décrite dans la première partie de cette étude concernant les couches de grande puissance, comprend une zone de glissement, barrée d'accidents en direction de couche ou d'équerre à celle-ci. Le charbon en est menu et sans consistance. Le pendedage, de 40° au moins, est souvent très raide.

Il en résulte une charge considérable dans ce quartier, d'autant plus que, voisin de l'affleurement, où existent de vieux travaux, on a une venue d'eau assez importante.

La couche n'a guère que 4 mètres de puissance; elle atteint parfois 6 mètres (refoulements).

Elle est grisouteuse.

Elle se différencie de la couche de Labarge en ce que les 3 bancs principaux se trouvent ici confondus en un seul, de charbon assez homogène, toutefois barré de 2 à 3 bancs de gore gris parfois importants (lentilles), avec du charbon bourru sous le toit ; elle diffère de la couche du Ban, dont le charbon est toujours dur, planché, mais nerveux et barré de gore gris dur au mur.

Champ d'exploitation et travaux d'aménagement.

Le champ est peu considérable, étant compris entre deux gradins de la faille de Labarge ou des Trois-Ponts, ce grand accident qui affecte en outre le faisceau des couches Malafolie, à l'Ouest de la région Malafolie, et dont il a été fait plusieurs fois mention.

La hauteur de l'étage est de 85 mètres environ, et la largeur de 100 mètres. Mais l'exploitation offre plusieurs caractères particuliers intéressants à examiner.

Les travaux d'aménagement consistent en un plan situé au milieu du quartier, reliant le niveau de base 380, d'arrivée d'air et d'évacuation du charbon au niveau supérieur de retour d'air et de desserte des bois et des remblais : ce niveau sert, de plus, pour le drainage des eaux de la surface, accumulées par la colline de Labarge et dans les vieux travaux à l'affleurement sous lesquels il passe (Pl. VII, Fig. 11).

Caractères particuliers de l'exploitation.

La charge caractérise cette exploitation ; par suite de celle-ci, on a dû, en effet, adopter la méthode par tranches horizontales prises successivement en descendant.

Méthode d'exploitation.

On prit d'abord la couche par 3 sous-étages simultanés, dépilés en descendant, comprenant 4 tranches de 2^m,30 dépilées successivement en montant, une seule par sous-étage, mais chaque sous-étage étant en avance d'une tranche sur le sous-étage immédiatement inférieur. On se réduisit à 2 sous-étages de 3 tranches de 2^m,50, par suite de la charge et des eaux.

Actuellement, on prend les *tranches successivement en descendant*. Les conditions d'exploitation sont moins dangereuses, mais l'extraction est réduite et discontinue; l'entretien moins onéreux, ainsi qu'il sera développé plus loin.

La méthode générale consiste, dans chaque tranche, à marcher par *traçage et rabatage*.

Marche des travaux.

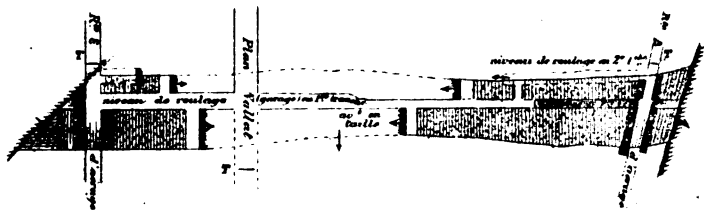
1^{re} Méthode. — On prenait des sous-étages aussi importants que possible, pour éviter de trop découper le plan de desserte et, par suite, d'avoir trop de charge. Néanmoins on se limitait à 4 tranches, le charbon tassant beaucoup, pour ne pas avoir une dernière tranche trop irrégulière sous le toit et, par suite, difficile à prendre (bas-fonds). Avec ce nombre réduit de tranches, bien que le charbon fût très disloqué, on n'avait toutefois pas à redouter les feux, la charge considérable aidant. Mais la hauteur de 2^m,30 donnée aux tranches était insuffisante, comme exigeant beaucoup d'entretien pour le roulage (relevages).

Ceci posé, en 1^{re} tranche de sous-étage, on se raccordait en traçage au mur de la couche entre le plan de desserte et les remontes Est et Ouest d'aérage, tracées aux extrémités du champ d'exploitation, et reliant entre

rabatage diffère donc de la méthode par traçage rabattant que nous avons décrite en grande couche Malafolie, ici inapplicable à cause de la charge. Toutes deux s'appliquent d'ailleurs aux couches irrégulières.

Digitized by Google

Fig. 41



ou Ouest par diffusion dans les remblais d'aval, si l'on a laissé une gaine au mur, est suffisant.

La méthode d'exploitation de la Principale Brûlante de Montrambert est difficilement applicable ici, à cause de la charge par glissement.

2^{me} Méthode. — Tout en réduisant les sous-étages à 2, de 3 tranches, dont la hauteur a été portée à 2^m,50, la méthode est restée la même. Mais les dépilages étaient plus actifs, puisqu'en traçage on pouvait grouper 3 piqueurs au lieu de 2 ; l'entretien était moins important, soit par suite de la plus grande hauteur de galerie, soit de leur moindre durée.

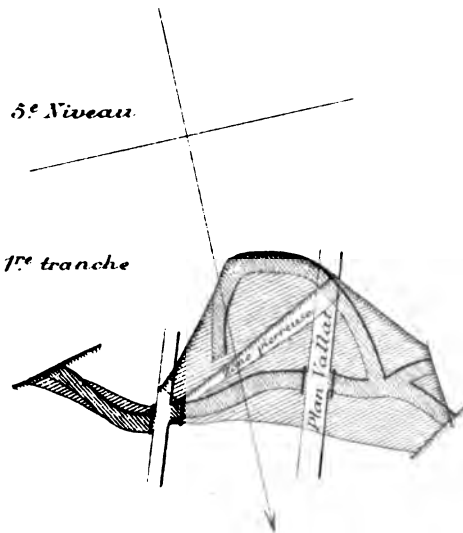
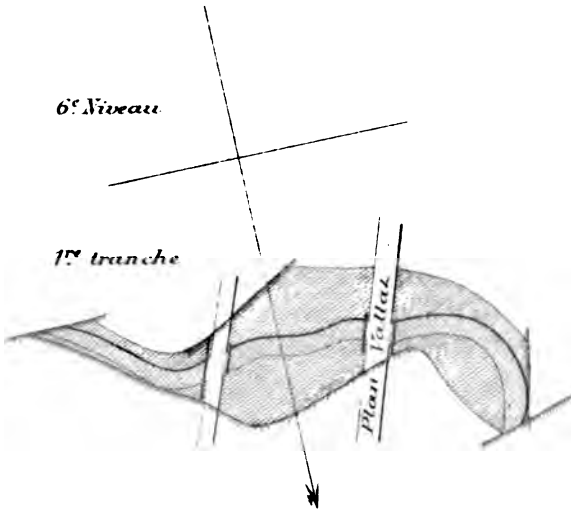
3^{me} Méthode. — Par suite de la charge toujours croissante, et d'une venue d'eau importante en février 1898, on dut ne prendre qu'une tranche à la fois, les tranches prises en descendant. Un coup d'eau survenu quatre mois après, en juillet, au voisinage de l'affleurement, montra que cette méthode était la plus sûre, les venues d'eau ne pouvant se prévoir ni être drainées régulièrement par des sondages méthodiques (Fig. 42).

Ainsi, lorsqu'on a un entretien difficile et que les coups de charge sont à craindre, la *Méthode descendante* devient rationnelle, puisque les zones ébouleuses plus localisées ne tendent pas à s'étendre. En effet, dans les différentes tranches, le remblai fait corps avec le boisage : il en résulte moins de charge et l'entretien se trouve réduit. Ceci est important dans les couches inflammables par les schistes du toit, où l'on évite ainsi les échauffements en couronne ; et si l'on a des incendies à l'aval (anciens quartiers repris), on pourra les combattre plus aisément par embouage.

Dans les couches grisouteuses, on évitera plus faci-

G^{de} C^{he} du Ban
 Quartier des Trois-Ponts.
 Plan Vallat

Fig... 42



lement d'avoir du gaz en couronne ; et même dans les chantiers très difficiles à tenir, les coups de charge donnent généralement lieu à des éboulements restreints, les remblais employés étant terreux. De plus, dans les couches très grisouteuses, où l'on doit parfois restreindre l'extraction, pour éviter les dégagements importants de gaz, on pourra ralentir les dépilages autant qu'il sera nécessaire, même si le charbon est inflammable (menu ou pyriteux), alors qu'on doit dépiler dans la méthode des tranches montantes, d'autant plus rapidement que l'inflammabilité du charbon est plus grande. C'est là un autre avantage important.

Mais si les quartiers dangereux (éboulements, eaux, grisou, feux) sont plus faciles à exploiter, cette méthode présente plusieurs inconvénients.

L'extraction est très restreinte, les chantiers étant répartis dans une seule tranche. Or, il convient, dans un tel quartier, de produire au moins 50 tonnes, assurant un rendement général par ouvrier d'au moins 1 tonne, ce qui n'est pas toujours réalisable ici.

On aura, d'autre part, un arrêt périodique de l'exploitation en fin de dépilage et de remblayage, pour donner aux remblais sous lesquels on va repasser, le temps de se tasser pour être tenables et ne pas salir le charbon. On compte 3 semaines à 1 mois.

Durant l'exploitation, par suite de la charge, on doit relever le niveau de roulage, relevages par suite toujours aux remblais et par conséquent onéreux. En effet, les rebanchages ne seront pas toujours possibles, même dans le charbon menu, où la sole tend à souffler, et le boisage à s'y enfoncer ; celui-ci tendrait à se déchausser par rebanchés, et par le plan il sera souvent plus onéreux de baisser les plaques de desserte.

Afin de remédier à la charge, on fait le boisage avec beaucoup de soins : dans les niveaux on boise par cadres

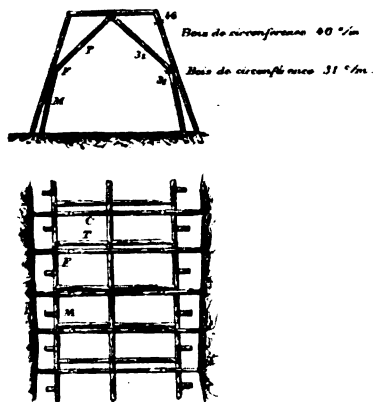
sur semelles, doublés, longrinés et tirantés. De même dans les chantiers, on croise le boisage de porteuses. Dans les plans de remonte d'aérage, on consolide également le boisage par un longrinage (Fig. 43 et 44).

Grande couche du Ban

Quartier des 3 Ponts

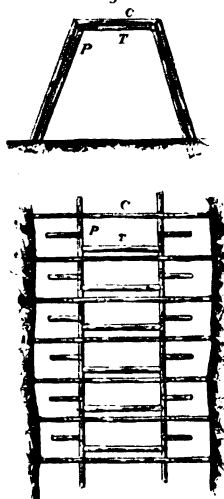
Anglaisage

Fig. 43



Longrinage

Fig. 44



L'anglaiserage, généralement adopté, répartit bien les pressions dans une région qui charge peu et conserve le boisage assez longtemps, 2 ans environ. Il a toutefois l'inconvénient de réduire la section de galerie, surtout si la sole gonfle.

Mais dans une région où la charge est considérable, l'anglaiserage tend à tourner à cause de sa grande longueur (de 4 mètres) et de la charge dans tous les sens. Il dure moins longtemps, 1 an à 1 an.1/2 environ ; mais, fait en partie de vieux bois, il est à bon marché.

Le longrinage fait mieux corps avec le boisage et résiste bien, surtout aux pressions du toit, c'est-à-dire

ne tend pas à glisser. Il est d'ailleurs généralisé ici. Le détail en a été successivement modifié, ainsi que le représentent les dessins (Fig. 45), pour les cadres : au lieu de faire reposer les chapeaux sur les montants

Fig. 45 Grande couche du Ban

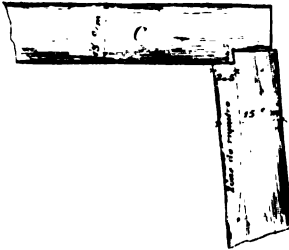
Quartier des 3 Ponts

Type de boilage

Echelle 1/20

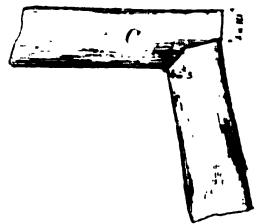
Boilage en mentonnet

d. 1



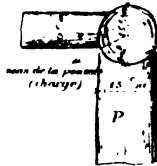
Boilage en sifflet

d. 2



Longrinage à engorgement

d. 3



Longrinage à mentonnet

d. 4



d. 5



Cadre



au moyen de mentonnets, *d* (1), on boise en sifflet, *d* (2) : sous les pressions latérales, les montants ne se fendent plus, mais les cadres doivent être placés bien d'aplomb pour qu'ils ne tournent pas, si la charge en couronne est irrégulière. Quant aux porteuses ou longrines, au lieu d'en placer les chapeaux dans des engorgements de montants, *d* (3), ceux-ci sont entaillés en mentonnets, *d* (4) ; les longrines, bien que contrebuttées par des tendards, ne peuvent plus en roulant sous la charge sortir des montants, et ces derniers, bien entaillés, ne cassent guère que par pied, rupture difficile à éviter. Le mode de boisage adopté est donc celui que le dessin 5 représente.

Mesures contre les eaux et les feux.

Lorsque dans un chantier les eaux deviennent importantes, on marche par sondages méthodiques de 16 pieds au moins en avant, par 6 trous de sonde répartis de façon à reconnaître les points d'arrivée d'eau et à les drainer autant que possible.

Les mesures préventives contre les feux sont comme toujours les plus élémentaires : enlever tout le charbon et les schistes charbonneux, remblayer aussi serré que possible.

En fin de défilage, on complète le remblayage de chaque tranche par des barrages fermant celle-ci de part et d'autre du plan et des remontes d'aérage.

DEUXIÈME PARTIE

RÉSUMÉ ET CONSIDÉRATIONS SUR LES EXPLOITATIONS ÉTUDIÉES

Les conditions d'exploitation que nous venons d'exposer en détail peuvent se résumer ainsi.

Grande couche Malafolie (8°).

Quartier Malafolie.

Couche variable de 3 à 5 mètres de puissance, pendage de 30 à 45°.

Charbon menu et grisouteux.

Exploitation par sous-étages descendants de 3 tranches de 2^m,50, horizontales, prises en montant par tranchages rabattants dans les zones régulières et épaisses ; dans les zones amincies, on marche par tailles inclinées chassantes.

Quartier Teyssier-Monterrad.

Couche régulière, puissance 4 mètres à 5^m,50, pendage 10 à 25°.

Charbon planché, dur, peu grisouteux, le gaz ayant été drainé par de vieux travaux.

Exploitation par sous-étages montants, de 2 à 4 tranches horizontales de 2 mètres à 2^m,50, prises également en montant et dépilées par grandes tailles.

La méthode montante est ici imposée par la crainte des eaux dont on se protège par des niveaux de sondage, bien qu'on reprenne d'anciens quadrillages.

Quartier Adrienne.

Couche régulière, puissance 3 à 4 mètres, pendage 20 à 30°.

Charbon menu, grisou drainé par de vieux travaux.

Exploitation par sous-étages descendants, chacun d'eux pris en montant par 2 à 4 tranches horizontales, défilées par traçages avec recoupes et rabatages.

Cette exploitation consiste surtout en glanages.

Quartier de la Varenne.

Couche variable, voisine de 6 mètres de puissance, pendage de 40 à 60°.

Charbon peu dur et peu de grisou.

Exploitation par sous-étages descendants, de 4 tranches horizontales de 2^m,50, prises en montant, par traçages rabattants.

13° Couche du Treuil.

Couche régulière, puissance moyenne 5 mètres, pendage moyen 10 centimètres par mètre.

Charbon peu dur ; couche franchement grisouteuse.

Exploitation par tranches inclinées, en commençant par le toit. Méthode par tailles chassantes.

La caractéristique en est la lenteur donnée à la marche des travaux à cause du grisou dont on se protège (dégagements instantanés) par des sondages méthodiques.

13° Couche de Villebœuf.

Couche d'allure variable, de 7 à 10 mètres de puissance, en 4 bancs de 1^m,50 à 3^m,50 d'épaisseur, pendage moyen 25°.

Exploitation en vallée par sous-étages de 10 mètres et par tailles inclinées chassantes, les différents bancs étant pris simultanément.

La caractéristique de cette exploitation est la grande rapidité donnée aux travaux à cause de la charge ; charbon menu et schistes d'entre-deux. Couche d'ailleurs grisouteuse.

Brûlante principale de Montrambert.

Couche de 3 à 6 mètres de puissance et d'allure variable. Pendage supérieur à 40°.

Charbon peu dur, pas de grisou.

Méthode par sous-étages descendants de 5 tranches horizontales, prises par tailles chassantes. Ce qui caractérise cette méthode est la simultanéité de défilage des différentes tranches de sous-étages, permettant par suite une exploitation très active et très concentrée.

3° et 4° Couches Malafolie.

Quartier Monterrad.

Faisceau de 2 couches en 5 bancs principaux, de charbon dur, alternant de schistes, le tout de puissance très variable, atteignant 4 à 5 mètres utiles. Pendage moyen 20°. Peu de grisou.

Méthode mixte par tranches horizontales et grandes tailles dans les zones épaisses et régulières, et par tailles inclinées dans les zones amincies; par tailles chassantes. Les sous-étages de 4 tranches de 2^m,30 à 2^m,50 sont pris en montant pour le desserrage du charbon.

Grande couche du Ban (3°).

Quartier des 3 Ponts-Monterrad.

Couche en un seul banc de 4 à 6 mètres de puissance.

Charbon menu et grisouteux.

Zone accidentée, pendage 40-60°.

Cette exploitation est caractérisée par la charge, qui a nécessité l'emploi de la méthode descendante par tranches horizontales successives, celles-ci de 2^m,50 : on dépèle chacune d'elles par traçages et rabatages.

Ainsi la plupart des exploitations sont prises par la méthode horizontale, en traçage, avec chassage ou rabatages, simultanés ou non ; la marche en tailles ordinaires est moins employée et celle par grandes tailles n'est que l'exception, à cause de la traversée généralement faible des couches.

Dans certains cas, on applique la méthode par travers ; dans d'autres on recourt à une méthode mixte, tenant de la méthode horizontale et de la méthode inclinée et s'appliquant à un faisceau de couches voisines ou en bancs rapprochés.

La méthode inclinée par tailles chassantes ou par traçages et rabatages est particulière aux couches assez régulières et peu inclinées.

Ainsi que nous l'avons dit, nous ne développerons pas ici les conditions dans lesquelles s'appliquent les deux grandes méthodes actuelles, *horizontale et inclinée*, cette analyse faite à propos des grandes couches restant la même dans son ensemble dans l'exploitation des couches moyennes.

Elle comprend, comme nous l'avons vu, la détermination méthodique des hauteurs d'étages, de sous-étages, de tranches horizontales ou de tailles inclinées, la délimitation des quartiers, la classification des différentes méthodes d'exploitation et leur emploi eu égard aux desiderata suivants : obtenir un déhouillement complet en satisfaisant aux conditions économiques et de sécurité contre la charge, le grisou, les eaux et les incendies, point sur lequel nous avons particulièrement insisté en décrivant les diverses exploitations.

CARACTÈRES DISTINCTIFS
ENTRE L'EXPLOITATION DES COUCHES PUISSANTES
ET CELLE DES COUCHES MOYENNES

La *méthode horizontale*, applicable dans tous les cas, ici comme en grandes couches, présente des conditions économiques plus variables en couches moyennes, mais les mesures de sûreté y sont plus efficaces, ainsi qu'il résulte des conditions suivantes :

1° Ainsi, dans l'exploitation des couches moyennes, les quartiers en exploitation étant généralement plus restreints qu'en grandes couches, soit au point de vue du cubage, soit pour réduire l'entretien, qui, toutes choses égales d'ailleurs, est plus important ici, il y a par suite nécessité de prendre simultanément plusieurs sous-étages, afin d'avoir une extraction suffisante, eu égard en particulier aux frais généraux de la mine.

En grandes couches, cette remarque s'applique de même, mais à un degré bien moindre, puisque nous avons vu la plupart des exploitations concentrées dans une seule tranche ou dans le même sous-étage.

Or la création de plusieurs sous-étages donne lieu à un surcroît de main-d'œuvre de desserte ainsi que d'entretien, par suite du découpage des plans et de la couche.

Dans les anciennes exploitations par sous-étages pris en montant pour le desserrage du charbon, et plus tard en descendant à la suite d'incendies et par crainte de nouveaux feux, on tendait, ainsi que nous l'avons fait observer, lorsqu'on multipliait les sous-étages, à donner à ceux-ci une grande hauteur, atteignant 18 à 20 mètres, soit 10 tranches, de façon à disloquer moins le plan, que l'on protégeait encore par des piliers de 10 à 25 mètres de part et d'autre, mesure condamnée aujourd'hui.

Mais, par suite de la dislocation inévitable du charbon, surtout en dernière tranche, on avait des échauffements, ou bien, si la charge était considérable, comme dans le cas de charbon menu ou de remblais terreux, les dernières tranches, très irrégulières ou très réduites, sous le toit, donnaient lieu à un dépilage difficile et peu économique.

On se borne, aujourd'hui, à 2 ou 3 sous-étages pris simultanément.

Pour une durée de dépilage de 3 mois, par exemple, dans le charbon de dureté moyenne et peu inflammable, on se tient, dans un sous-étage, à 6 tranches au plus ; on réduit les sous-étages à 4 tranches si le charbon est inflammable et même à 3 si, de plus, on a une charge importante. Exceptionnellement on ne prend que 2 tranches, s'il faut enlever rapidement un massif, mais alors l'entretien peut devenir considérable si le charbon n'est pas dur et si les remblais ne sont pas pierreux. Si enfin on est dans une zone dangereuse au point de vue des feux, ou si la charge est trop considérable, on recourt aux dépilages descendants, c'est-à-dire en prenant la couche de haut en bas par une seule tranche à la fois. On devra, de plus, adopter également ce mode de dépilage, si dans une couche inflammable on a du grisou en telle quantité qu'on doive réduire l'extraction pour ne pas avoir de teneurs en gaz dangereuses, d'autant plus qu'on devra limiter le courant d'air eu égard à l'inflammabilité du charbon. Dans ce cas, les chantiers marchant très lentement, il peut en résulter une dislocation du charbon en amont, et celui-ci pourra s'échauffer. Or la méthode descendante, impliquant les remblais constamment en couronne, conviendra donc en ce cas. Dans les quartiers dangereux au point de vue de la charge, des eaux ou des feux, l'exploitation est plus facile, ainsi que nous l'avons montré,

mais cette méthode présente plusieurs inconvénients : l'extraction en est très restreinte et périodique à cause du remblayage ; l'entretien y est onéreux.

2. Nous avons préconisé dans les grandes couches l'emploi des tranches horizontales prises par grandes tailles, c'est-à-dire desservies pour le roulage et l'aérage par 2 niveaux, l'un au mur, l'autre au toit, dispositif donnant aux chantiers un grand dégagement, permettant au besoin le remblayage simultané à l'extraction, et de prendre les mesures convenables contre les échauffements et les feux. Cette méthode est générale et s'applique aux couches grisouteuses ou non, mais présentant une traversée horizontale de 6 mètres au moins, condition ordinairement remplie, l'entre-deux des remblais séparant les niveaux de desserte devant être suffisant pour maintenir le chantier, tout en ne laissant pas filtrer l'air.

Dans les couches moyennes, où les traversées de 6 à 8 mètres ne sont que l'exception, surtout si elles sont irrégulières ou très inclinées, la marche ainsi comprise en taille n'est, par cela même, qu'exceptionnellement réalisable.

3. Le plus souvent, surtout dans les couches où le pendage est important et la traversée réduite à quelques mètres, ou bien dans les couches irrégulières, on doit recourir à la méthode directe par traçage, avec chassage ou rabatage, ou à la méthode en travers par traçage et recoupes. Ces méthodes sont ici générales. Dans les couches puissantes, elles présentent certains inconvénients, ainsi que nous l'avons fait observer, entre autres pour l'aérage dans les couches grisouteuses ou dans les vieux travaux.

4. Les mesures préventives contre la charge, les eaux et les feux, sont ici plus faciles à prendre, le boisage

étant plus aisé à consolider, les sondages plus efficaces et les travaux de barrage moins importants et mieux assis.

Il est d'ailleurs à remarquer que les causes d'incendie restent les mêmes et aussi nombreuses, mais ceux-ci sont généralement plus faciles à combattre.

La *méthode inclinée*, également applicable avantageusement aux plateures des couches moyennes, pourra, de plus, s'appliquer aux couches de 3 à 4 mètres, même pour un pendage appréciable, cas, par exemple, d'une zone d'amincissement ou irrégulière. Cette application de la méthode aux couches irrégulières est ici souvent utile.

Les principes développés à propos de l'exploitation des grandes couches s'appliquent entièrement aux couches moyennes.

Ce sont là les caractères distinctifs entre les exploitations des grandes couches et des couches moyennes.

Nous ferons encore les deux remarques suivantes :

Les *Travaux d'aménagement au rocher*, souvent utiles dans les grandes couches, à cause des feux ou de la charge, et que nous avons vus si développés à Blanzky, sont également à recommander dans l'exploitation des couches moyennes, où les causes d'incendie ou de charge sont à peu près les mêmes. Mais il ne faut pas en exagérer le développement, car ils sont ici plus onéreux, si on les rapporte au tonnage à extraire. D'autre part, l'exploitation en couche moyenne étant assez rapide, ces travaux d'aménagement doivent être menés plus activement qu'en grande couche ; ce qui pourra ne pas être toujours réalisable, faute de main-d'œuvre par exemple : les avancements à la *perforation mécanique* sont alors très avantageux, et ceci d'autant plus que les terrains sont plus durs. Mais les tra-

vaux sont $1/5$ environ plus chers que dans les avances à la main, par suite de la dépense d'air comprimé, de l'amortissement et de l'entretien des perforatrices ; par contre on avance plus vite, dans un rapport atteignant parfois $1/4$, généralement $1/5$ à $1/6$.

Un deuxième point consiste dans la répartition dans une exploitation de *quartiers de secours ou de réserve*, déjà recommandés en grandes couches, encore plus utiles dans les couches moyennes, vu la rapidité de dépilage ; nous verrons, à propos des couches minces, qu'ils sont indispensables, où l'on doit avoir un 1^{er} quartier en fin de dépilage, un 2^m en pleine exploitation, un 3^m entièrement préparé et un 4^m en préparation. Ici, un quartier entièrement préparé suffira en général.

CLASSIFICATION DES MÉTHODES D'EXPLOITATION

Dans les dépilages par *tranches horizontales*, les diverses méthodes peuvent se classer ainsi :

Méthode par traçages avec chassages ou rabatages pris simultanément ou non.

Méthode par petites ou grandes tailles chassantes.

Méthode par travers ou recoupes.

Méthode mixte.

Dans la *méthode inclinée* on marche, soit par tailles chassantes, soit par traçage et rabatage.

Les dépilages montants ne sont presque jamais employés, soit à cause du pendage trop irrégulier, soit par suite de la nature grisouteuse des couches.

Les conditions d'exploitation, en ce qui concerne ces différentes méthodes, développées à propos de l'étude des grandes couches, s'appliquent encore ici d'une ma-

nière générale. Nous ne ferons donc que résumer d'ensemble ces méthodes, au point de vue de leurs principaux avantages ou inconvénients.

MÉTHODE HORIZONTALE

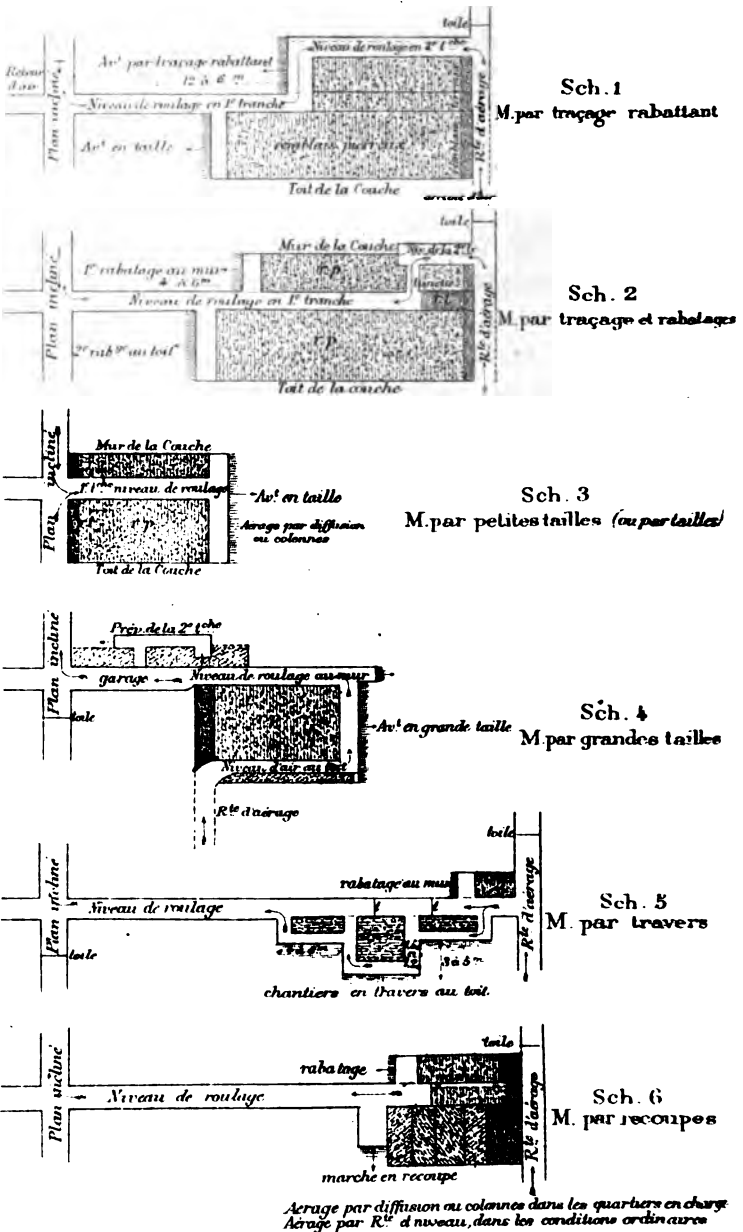
1. Méthode par traçage rabattant. — Cette méthode dont le principe est représenté par le schéma 1 (Fig. 46 ci-après), dégage bien l'avancement au point de vue de l'abatage, de l'aérage et de la desserte du charbon ; elle permet un défilage actif, ce qui est utile dans les couches inflammables et où l'on a intérêt à dépiler rapidement. Mais il ne faut pas trop de charge ni que la couche soit trop inclinée car alors le boisage du côté du mur devient trop difficile et parfois dangereux. Si cette charge devient trop importante on recourt à la méthode par traçage et rabatage.

2. Méthode par traçage et rabatage. — Cette méthode (schéma 2) est applicable dans tous les cas, puisqu'on repasse sur les remblais de la tranche inférieure. Mais il ne faut pas que la couche soit trop grisouteuse à cause du gaz à craindre en cloche.

Lorsque toutefois le quartier est très difficile à tenir, on concentre les travaux dans une seule tranche et l'on n'attaque par traçage la tranche suivante que lorsque la tranche inférieure est achevée et remblayée.

3. Méthode par petites tailles chassantes. — Cette méthode (schéma 3) permet d'avoir des chantiers dégagés et, par suite, de grouper un nombre de piqueurs suffisant pour obtenir un défilage rapide. Elle convient donc dans un quartier en charge ou exposé aux échauffements. Elle présente toutefois cet inconvénient qu'en fin de défilage il faut remblayer au plus vite le niveau de roulage. Or on pourra ainsi, entre remblais, être gêné

Fig.46. Schéma des méthodes d'exploitation.



par la force, d'où la nécessité d'un aérage secondaire par tuyaux, toujours encombrant, surtout dans les quartiers en charge.

On n'aura d'ailleurs aucun retard à l'exploitation si l'on adopte, comme à Montrambert, par exemple, les dépilages par plusieurs tranches simultanément. Néanmoins cette méthode chassante est moins économique, à cause de l'entretien, que la méthode rabattante. De plus l'aérage, en grande partie par diffusion, n'y est pas toujours entièrement satisfaisant.

4. *Méthode par grandes tailles.* — Cette méthode (schéma 4) demande ici une couche assez régulière, de traversée horizontale suffisante, à cause de l'assise des remblais d'entre les niveaux de desserte. Son application est donc beaucoup plus restreinte qu'en grandes couches. Ses avantages sont de donner un dégagement de chantiers très appréciable et un aérage capable d'éviter dans tous les cas le grisou ou la force. Toutefois on a deux niveaux à entretenir au lieu d'un, comme dans les méthodes précédentes, et en fin de dépilage on doit activer le remblayage pour permettre le passage en taille dans la tranche suivante, et à ce moment, il y aura un surcroît de remblais à placer dans les chantiers. Ce sont là, dans les couches moyennes, deux inconvénients plus importants qu'en grandes couches, où, toutes choses égales d'ailleurs, on a moins d'entretien et où, durant le rabatage au mur et la période de traçage dans la tranche suivante, on a généralement le temps de faire le remblayage complètement.

Durant la deuxième période de rabatage au mur, les remblais doivent suivre par toute la tranche. Si le remblayage reste en retard pour une cause quelconque, il pourra en résulter des arrêts dans le dépilage et l'exploitation deviendra *intermittente* et cela d'autant

plus qu'on ne devra en principe faire marcher le rabatage qu'autant que les remblais seront à jour.

Ceci ne se présente généralement pas dans une exploitation en grande couche bien conduite, parce que, vu l'importance des chantiers, que l'on activera dans la tranche d'après une méthode bien définie, on pourra toujours réduire le nombre de piqueurs d'une taille où les remblais sont en retard pour les reporter ailleurs.

Ici, au contraire, on n'a guère qu'un chantier à droite et à gauche du plan de desserte, et ces chantiers sont menés avec la même activité. Comme, d'autre part, on ne peut passer à la tranche suivante, ou tout au moins marcher dans celle-ci en taille qu'après l'entier remblayage de la tranche en question, l'intermittence ainsi mentionnée peut devenir un grave inconvénient.

Cet inconvénient ne se présente pas avec la méthode par traçage rabattant, dont le caractère particulier est d'être *continue*.

En effet, lors du rabatage au mur et du traçage simultané sur celui-ci du niveau de roulage dans la tranche supérieure, on n'a à remblayer que le niveau au mur et le rabatage dans la tranche en question, c'est-à-dire peu de chose, surtout si l'on est dans une région en charge : il sera donc ordinairement facile d'avoir pour ce, suffisamment de remblais.

5. *Méthode en travers.* — Cette méthode (schéma 5) s'applique ordinairement par traçage et rabatage en travers. Elle présente l'avantage d'une grande activité, les chantiers pouvant être multipliés au mur et au toit de part et d'autre d'un niveau central de roulage, et cela sans inconvénient, ces chantiers étant faciles à desservir. Mais l'aérage, en grande partie par diffusion, peut devenir insuffisant dans les couches grisouteuses,

ou bien dans les quartiers où il tend à se dégager de la force (vieux travaux). De plus, les remblais se tassent assez peu régulièrement, ce qui n'est pas sans inconvénient dans les tranches successives, pour l'aménagement du roulage ou l'enlèvement complet du charbon (bas-fonds).

6. *Méthode par recoupes.* — Cette méthode n'est qu'une modification de la précédente ; au lieu de groupes de chantiers, on ne prend que des recoupes de deux en deux, ou successives, suivant la charge. Celle-ci ne s'applique, en effet, que dans les quartiers chargeant beaucoup, car les dépilages y sont assez lents, ce qui n'est pas sans inconvénient dans les couches inflammables, à charbon menu, qui exigent, au contraire, un dépilage rapide, en vue d'éviter les feux.

7. *Méthodes mixtes.* — Ces méthodes s'appliquent d'une manière toute locale à des zones irrégulières d'une couche, ou dans un faisceau de bancs variables appartenant à une seule couche, ou à des couches différentes.

C'est ainsi que nous avons vu un faisceau de 2 couches (3° et 4° couches Malafolie), ou une couche en 2 bancs (grande couche Malafolie), exploitée par tranches horizontales pour la plus importante et pour l'autre par tailles inclinées à la même hauteur correspondante, les chantiers étant méthodiquement raccordés par des travers de desserte de roulage et d'aéragé.

Dans un autre cas (grande couche Malafolie), on a vu une partie de quartier exploitée par tranches horizontales, zone régulière, et une autre partie accidentée et amincie prise par tailles inclinées dont la hauteur correspondait à 2 tranches.

MÉTHODE INCLINÉE

Pour les couches de 3 à 4 mètres de puissance, la méthode inclinée ne présente rien de particulier et s'assimile dans une certaine mesure à l'exploitation des couches minces (1).

Lorsqu'il s'agit d'une couche supérieure à 4 mètres, on prend en général 2 tranches, en commençant par le toit, à cause du grisou ou par crainte des feux, ainsi qu'on l'a vu pour la 13^e couche du Treuil.

Si l'on a un faisceau de couches très rapprochées ou une couche en bancs très voisins les uns des autres, ainsi que la 13^e couche de Villebœuf, on dépile de la même manière en commençant par le banc du toit. On peut d'ailleurs prendre les bancs simultanément, et plusieurs tranches à la fois, suivant l'importance à donner au tonnage ou eu égard aux conditions d'entretien.

D'après ces mêmes considérations, on adoptera une méthode par *traçage et rabatage* ou plus ordinairement une *méthode chassante*.

(1) V. 3^e Partie : Exploitation des couches minces dans le bassin de la Loire.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Grande couche Malafolie.....	606
Grande couche de la Varenne.....	664
13 ^e couche du Treuil.....	666
13 ^e couche de Villeboeuf.....	674
Brûlante principale de Montrambert.....	680
3 ^e et 4 ^e couches Malafolie	685
Grande couche du Ban.....	690

DEUXIÈME PARTIE

Résumé et considérations sur les exploitations étudiées	700
Caractères distinctifs entre l'exploitation des couches de grande puissance et celle des couches moyennes.	704
Classification des méthodes d'exploitation.....	708

NOTICE

SUR LES

LIGNITES DU SARLADAIS

Par M. JEAN DELAS,

Agent général des Mines de Champagnac.

AVANT - PROPOS

Ce ne sont pas des gisements nouveaux que nous venons révéler au lecteur, les lignites du Sarladais sont connus et exploités depuis longtemps.

Grâce aux publications que nous signalerons dans la suite et qui fixent suffisamment leur niveau, on peut dire qu'au point de vue de la géologie générale leur connaissance est très avancée ; mais elle n'est pas complète et un certain champ reste ouvert aux recherches et aux découvertes de l'avenir. La genèse des couches ligniteuses demeure, en effet, entourée de bien des incertitudes, et la pauvreté de la nomenclature paléontologique de cet horizon paraît d'autant plus regrettable qu'il est plus intéressant par sa situation à la base même de la craie du Périgord, c'est-à-dire de la craie moyenne.

Au point de vue pratique de l'exploitation, on est encore moins avancé. On continue d'extraire, comme il y a 30 ans, par les procédés les plus rudimentaires et souvent les moins justifiés, quelques milliers de

tonnes de combustible pour la consommation locale. C'est ainsi qu'en 1898 les statistiques officielles accusent pour l'ensemble du Sarladais une production de 3.882 tonnes.

Et pourtant le lignite existe en masses considérables dans cette région. S'il constitue un combustible de qualité inférieure, il a pour lui les facilités de son exploitation et son bas prix de revient ; ses cendres ont une certaine valeur comme engrais agricole et, enfin, la distillation du lignite même et des schistes qui lui sont associés mériterait, semble-t-il, d'être très attentivement étudiée pour l'utilisation des sous-produits.

La question se pose donc de savoir s'il n'est vraiment pas possible de tirer de ces éléments divers un parti plus avantageux qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

Dans le cas d'impossibilité constatée, l'intérêt industriel de ces gisements se trouverait, il est vrai, singulièrement diminué ; mais, même dans ce cas, ne serait-ce pas rendre aux exploitants un réel service que de leur fournir les moyens de se convaincre une fois pour toutes qu'ils exposent ici en pure perte leur temps et leurs capitaux ?

Dans le cas contraire, il y aurait un intérêt d'ordre général à dégager des circonstances actuelles de l'exploitation les conditions dans lesquelles on peut espérer lui donner son plein essor et la rendre vraiment rémunératrice. Il serait superflu d'insister sur ce point, car le déficit persistant entre la production et la consommation de notre pays, la crise récente qui a sévi sur le littoral, l'épuisement imminent de plusieurs mines du centre, sont, entre plusieurs autres, des faits qui créent au marché national une situation telle, que l'étude de nouveaux gisements, même de ceux d'une importance toute locale par la quantité et la qualité des produits

et qui paraissaient négligeables il y a seulement quelques années, affecte aujourd'hui un caractère d'intérêt public que l'on ne dénierait pas.

Nos lignites périgourdiens appartiennent à cette catégorie. Leur utilisation industrielle est une question complexe que des conditions de temps ne nous ont pas permis d'approfondir comme nous l'eussions désiré ; aussi nous ne prétendons pas en apporter ici, dans une monographie complète, la solution définitive. Nous voulons simplement provoquer l'attention des Ingénieurs en vulgarisant parmi eux les données que les circonstances ont mises entre nos mains et que le plus grand nombre, en dehors d'un très petit groupe d'intéressés, continue d'ignorer.

Cette notice se divisera d'elle-même en deux parties : la première, formée par la description générale des gisements du Sarladais ; la deuxième, par l'exposé succinct des conditions matérielles et commerciales de leur exploitation.

PREMIÈRE PARTIE

Description générale des gisements lignitifères du Sarladais.

§ I. — Esquisse géologique.

Lorsqu'on considère la Feuille géologique de Brive (1), on y voit les terrains se succéder dans l'ordre suivant : au nord-est, le long de la bordure cristallophyllienne du Plateau central, les affleurements

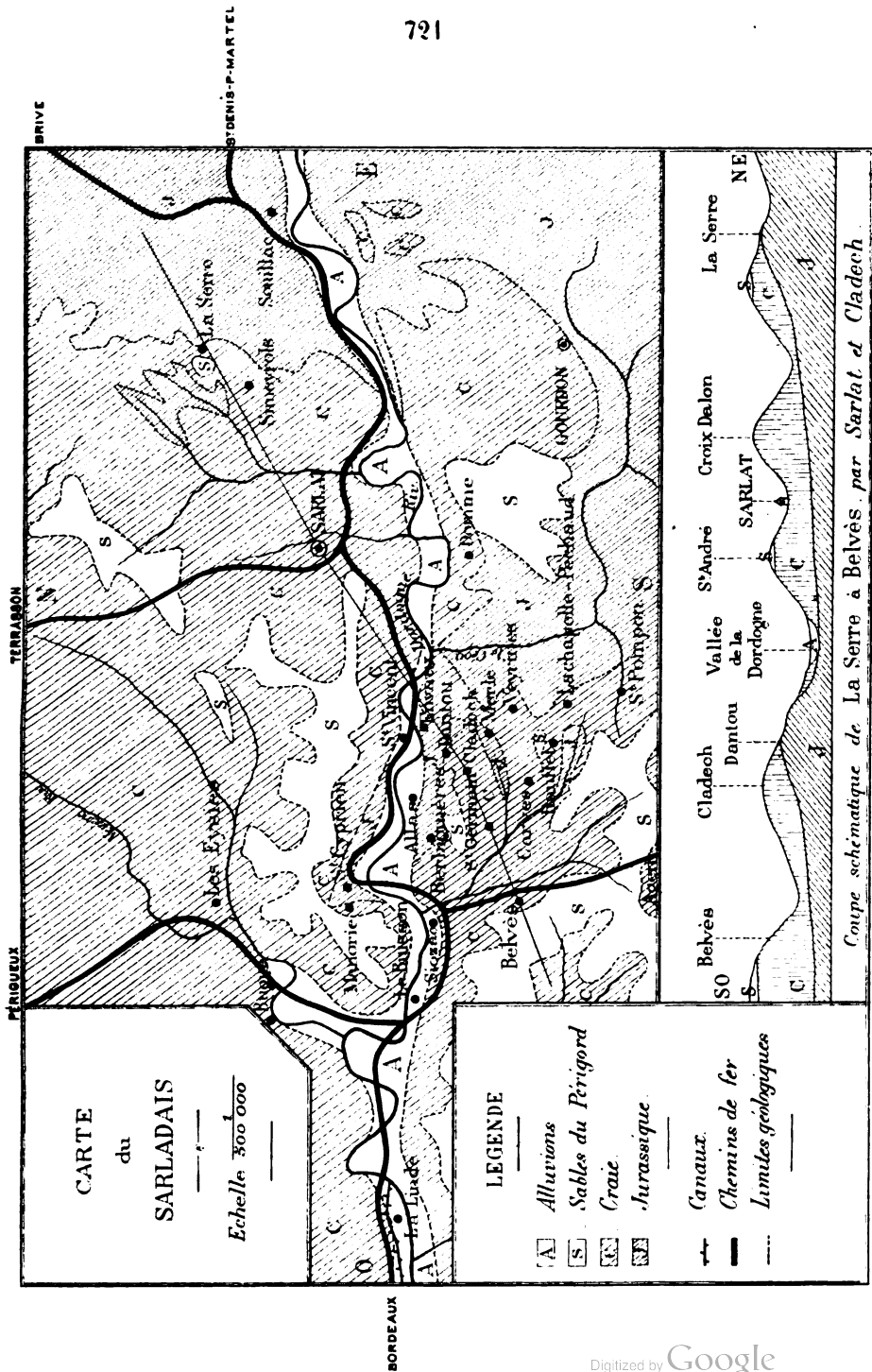
(1) Carte géologique détaillée de la France. Feuille de Brive, par M. G. Mouret.

du bassin houiller et permien de Brive, puis, en se dirigeant vers le sud-ouest, c'est-à-dire vers le Sarladais, ceux du trias, du lias, de l'oolithe et de la craie, que masquent parfois des lambeaux irréguliers de sables tertiaires.

Dans cette région, les couches sont plus ou moins accidentées, faillées surtout dans le permien et plissées dans l'oolithe. Leur plongée générale vers le sud-ouest, très accentuée dans le voisinage du massif primitif, se rapproche d'autant plus de l'horizontalité qu'on s'éloigne davantage de celui-ci et qu'on passe dans des assises de formation de plus en plus moderne.

La carte ci-contre signale l'existence d'un premier gisement de lignite au nord-est de Sarlat, entre Eyvigues et Simeyrols, près du hameau de La Serre, à proximité de la lisière de la formation crétacée. On n'en retrouve nulle part le prolongement dans le voisinage immédiat de Sarlat ; la masse du terrain, même dans les thalwegs, est formée par les bancs de la craie, et il faut traverser la Dordogne au sud-ouest de Sarlat et franchir les limites de la Feuille de Brive pour voir réapparaître, à flanc de coteau, les assises jurassiques et de nouveaux gisements ligniteux. Ceux-ci se développent dans le massif à l'ouest du Céou, suivant une direction sensiblement sud-est-nord-ouest, qui est celle des affleurements de tous les étages géologiques de la région. On les a reconnus notamment dans les communes de Saint-Pompon, Lachapelle-Péchaud, Veyrines, Saint-Germain, Cladech, Allas-de-Berbiguières et de Saint-Cyprien. Vers l'ouest du côté de Siorac, on n'aperçoit plus que les assises supérieures de la craie.

Si l'on admet aujourd'hui sans discussion que les lignites du Sarladais constituent dans la Dordogne le premier dépôt crétacé, il fut un temps où le géologue



Harlé (1), se basant sur des faits qui purent alors lui paraître se corroborer, les considéra comme de formation beaucoup plus moderne.

D'une part les fossiles trouvés dans les lignites : natices, cérîtes, lui semblèrent indiquer une faune plus récente que celle de la base du crétacé ; d'autre part, des puits de recherche démontraient que les lignites ne s'étendaient pas dans les coteaux voisins de La Serre, sous les calcaires du ligérien qui y reposent, en effet, directement sur le jurassique ; enfin, dans les galeries ouvertes sur les affleurements, on voyait par place au-dessus des lignites des argiles avec blocs de calcaires épars paraissant provenir de couches remaniées.

On sait que dans la région du sud-ouest les dépôts tertiaires suivirent de très près les dépôts crétacés, ainsi que l'atteste l'analogie des faunes (2), et nous verrons un peu plus loin que M. Arnaud a pu relever dans la commune de Lachapelle-Péchaud la superposition directe aux argiles lignitifères des sables et argiles tertiaires connus sous la dénomination de *sables du Périgord*.

La commune horizontalité des bancs, leur identité pétrographique, l'analogie des faunes, justifient en quelque sorte une assimilation erronée que les travaux de mine encore à leur début ne pouvaient servir à redresser.

Lorsque M. Meugy (3) visita Simeyrols, l'exploitation

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, t. XX, p. 421.

(2) Arnaud. — Mémoire sur la Craie du Sud-Ouest (*Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux*).

(3) Note de M. Meugy. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, tome XXIII, 1865-66, p. 89 et suivantes.

avait progressé et le doute n'était plus permis. Un puits foncé à une certaine distance des affleurements, avait recoupé les lignites sous les marnes crayeuses nullement remaniées et une galerie horizontale avait suivi le lignite sur 50 mètres environ sous les bancs marneux.

Les conclusions de ce géologue sont que les lignites de Simeyrols reposent sur les calcaires jurassiques tantôt oolithiques, tantôt compacts, à pâte très fine et à cassure conchoïde, et sont recouverts par des terrains crétacés de nature marneuse, à tissu lâche ou subcristallin. Il rattache ces marnes, où l'on rencontre communément *O. Columba*, au système nervien du nord de la France et de la Belgique. D'ailleurs les lignites n'existeraient pas sur les pentes opposées aux exploitations de La Serre où la craie repose directement sur le jurassique. La formation d'eau douce des lignites ne s'étendrait donc pas d'une façon continue sur toute la lisière du bassin crétacé.

Les argiles lignitifères de Simeyrols, que M. Meugy identifie du reste à celles de la région de Lachapelle-Péchaud, se rapporteraient au même horizon que les lignites et les argiles d'Alais et d'Uzès, dans le Gard, avec cette différence que dans le Gard, le système est compris entre les marnes à *O. Columba* et le Greensand qui repose sur le néocomien, tandis que, dans la Dordogne, le Greensand et le néocomien manquent absolument et les lignites reposent sur les couches supérieures du jurassique.

D'après M. Arnaud (1), les lignites du Sarladais reposeraient directement et transgressivement sur le

(1) Note de M. Arnaud sur les argiles lignitifères du Sarladais. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2^e série, t. XXIII, 1865-66, pages 59 et suivantes.

jurassique, tantôt sur les calcaires marneux supérieurs à *O. virgula* (Lachapelle-Péchaud), tantôt sur les calcaires moyens lithographiques à *Apiocrinus Roissyi* (Simeyrols). Ils seraient recouverts, sur les points dénudés, par les sables tertiaires (Rauffet, commune de Lachapelle-Péchaud), et sur les autres points par les calcaires de la Craie moyenne caractérisés par *O. columba* et *Carinata*, *Térébratula biplicata*, *Inoceramus problematicus* (Font-de-la-Veuve, commune de Veyrines, Saint-Germain, Simeyrols).

Il considère ces dépôts, en partie dissimulés ou rompus par des bouleversements ultérieurs, comme le prolongement des argiles ligniteuses de l'île d'Aix qui se développent dans les deux Charentes, sur la limite septentrionale du bassin crétacé du Sud-Ouest, et présentent des débris d'algues, de naïades et de conifères (Gardonien de Coquand).

Les couches inférieures et moyennes du dépôt de Simeyrols contiennent également des fragments de végétaux, des troncs silicifiés et une faune d'eau douce de gastéropodes associés à des débris de sauriens et de chéloniens gigantesques.

Parmi les empreintes végétales recueillies soit par M. Arnaud, soit par M. Mouret, M. Zeiller (1) a reconnu la présence de *Sequoia aliena*, Stern. (sp.) et *Sequoia Reichenbachii*, Geinitz (sp.), et d'échantillons spécifiquement indéterminables de *Myrica*, formes déjà rencontrées dans des couches cénomaniennes de diverses régions du globe.

Aussi, les lignites du Sarladais devraient être rattachés au cénomaniens. Mais, si les couches de la

(1) Note de M. Zeiller sur la Flore des lignites de Simeyrols. *Bulletin de la Société géologique de France*, tome XV, pages 882-884 — 1887.

base accusent indiscutablement une formation d'eau douce, la présence de bivalves (corbules, etc.) dans les couches qui les recouvrent semble accuser une origine saumâtre (1).

D'ailleurs M. Arnaud, à Simeyrols même et à Manorie, près de Saint-Cyprier. (2), M. Mouret sur divers autres points de la bordure orientale du bassin crétacé, ont reconnu la présence du cénomanien marin caractérisé par des calcaires gréseux, grossiers, parfois remaniés, à *Caprinella triangularis* (Carentonien de Coquand). Ces bancs recouvrent transgressivement les lignites mais sont eux-mêmes localisés et recouverts transgressivement par le ligérien, qui seul s'étend sur tout le bassin.

§ II. — Concessions et Exploitations du Sarladais.

Nous venons de voir que les lignites se répartissent géographiquement en deux groupes distincts, celui de Simeyrols, au nord-est de Sarlat, et celui de Lachapelle-Péchaud, à 25 kilomètres au sud-ouest du premier. Tous les gisements se rattachent au même niveau géologique et présentent entre eux une similitude telle qu'en décrivant l'un d'eux on les décrit tous ; aussi, insisterons-nous de préférence sur celui de Dantou dont le découvert a permis d'étudier le dépôt avec précision sur toute son épaisseur et sur une assez grande étendue.

Voici quelques renseignements généraux sur les quatre concessions octroyées dans le Sarladais.

(1) Note de M. Mouret. *Bulletin de la Société géologique de France*, 3^e série, tome XV, p. 875 et suivantes, 1887.

(2) *Bulletin de la Société géologique de France*, 3^e série, tome VIII, page 32.

NOMS des concessions.	DATES d'institution.	SUPERFICIES
La Serre.....	9 février 1856.....	204 hectares.
Lachapelle	23 février 1867.....	844 75
Id. (extension)	4 août 1871.....	
Cladech.....	24 mars 1886.....	433 »
Veyrines.....	27 février 1895.....	254 »
	Ensemble	1.735 75

Les statistiques de l'administration des mines attribuent à chacune de ces concessions les productions suivantes depuis 1893 :

Production du Sarladais.

NOMS des concessions.	1893	1894	1895	1896	1897	1898	DÉBOUCHÉS
La Serre ..	207 ¹	200 ¹	300 ¹	150 ¹	130 ¹	120 ¹	Consommation sur place par l'exploitant.
Lachapelle	120	300	300	400	500	2.000	Consommation sur place ; fabrication de briquettes et fournitures à la C ^{ie} d'Orléans, depuis 1898.
Cladech...	177	1.877	1.234	1.920	2.120	1.762	Ventes locales restreintes. Expéditions par wagons en majeure partie pour la C ^{ie} d'Orléans, depuis 1895.
Veyrines ..	»	»	»	»	»	»	Simple travaux de sondages. Concession instituée en 1895.
	504	2.377	1.834	2.470	2.750	3.882	

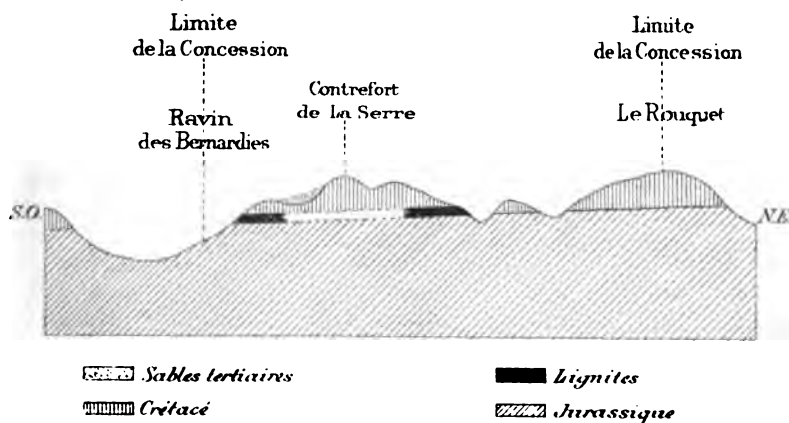
Bien que minime, la production totale suit une marche ascendante depuis que la Compagnie d'Orléans emploie régulièrement le lignite pour ses machines.

CONCESSION DE LA SERRE

A Simeyrols, les affleurements ligniteux apparaissent autour du contrefort de La Serre (coupe 1), à la cote de 200 mètres et à 50 mètres environ au-dessous du plateau.

Fig.1

Coupe du Rouquet aux Bernardies (C^m de la Serre)



Le gite présente une succession de lignites, de schistes dits *bitumineux* et de calcaires coquillers, ainsi que le montrent les coupes relevées par MM. Meugy et Arnaud, coupes déjà anciennes que nous voulons pourtant rappeler ici parce qu'on les comparera tout à l'heure avec fruit à celles, de même date, de la région de Lachapelle-Péchaud et à celles, plus récentes, de Cladech.

COUPE I. — M. Meugy. — Concession de la Serre.

Jurassique. — Calcaire jurassique supérieur
gris, très compact, à cassure conchoïdale... 0^m50

Argiles lignitiformes :

Affleurement de lignite..... 0 50

Argile rougeâtre recouverte par une nouvelle
couche de lignite..... 1 »

Argile de même couleur, très consistante, mêlée
de sable fin et sillonnée de veines de calcaire
blanc et mat..... 1 »

Même argilite ayant l'aspect de brique cuite ou
halloysite sableuse à pâte fine et serrée avec
veines blanches calcaires, comme la précé-
dente, et concrétions ferrugineuses d'un brun
noirâtre.

Cette couche se subdivise en une série de
petits lits schisteux, quelquefois très minces,
qui se distinguent par leur nuance jaune rou-
geâtre plus ou moins foncée..... 2 50

Sable fin argileux et calcaire jaune pâle..... 0 50

5 50

Crétacé. — Marne blanchâtre, friable, blanc
sale à *O. Columba*..... 1 »

Calcaire assez compact un peu argileux,
exploité pour chaux hydraulique..... 1 30

COUPE II. — M. Meugy. — Concession de la Serre (tranchée
d'accès de la galerie Napoléon).

Lignite de 0^m,50 à 1 mètre..... 0 75

Lit de glaise rouge violacée..... 0 10

Glaise jaune avec concrétions ferrugineuses... 0 30

A reporter..... 1 15

<i>Report</i>	1 15
Glaise blanche réfractaire de 0,10 à 0,80.....	0 45
Glaise d'un beau jaune clair.....	0 15
Glaise rougeâtre	0 20
Terre végétale avec cailloux calcaires.....	0 70
	2 65

COUPE III. — M. Meugy. — Galerie Napoléon.

Lignite.....	0 50
Glaise jaune avec concrétions ferrugineuses...	1 50
Argiles schisteuses noirâtres.....	0 50
Lignite	0 60
	3 10

Dans l'intérieur des travaux on compterait 3 couches de lignite et, d'après M. Meugy, la couche intermédiaire, généralement impure et schisteuse, correspondrait à l'argile schisteuse noirâtre ci-dessus.

**COUPE IV. — M. Arnaud. — Galeries de La Serre
(1861 - 1864).**

Jurassique. — Calcaire jurassique à *Apiocrinus Roissyi*.

Argiles lignitifères fluvio-lacustres :

Lignite compact..... 1 mètre à	1 50
Schistes bitumineux.....	0 80
Lignite friable (non exploité).....	1 50
Schistes bitumineux.....	0 70
Lignite homogène, tantôt divisé en 2 ou 3 bancs par des veines argileuses.....	2 50
Filets argileux ou schisteux.....	0 50
Argiles.....	0 40
	7 90

Crétacé. — Calcaire dur, jaunâtre, miroitant..	0 50
Calcaire gris fin à <i>O. Columba</i> , <i>O. Carinata</i> , <i>Inoceramus problematicus</i>	4 »
Calcaire dur en plaquettes à <i>Ammonites roche-</i> <i>bruni</i>	0 50

Les coupes relevées sur les affleurements mettent en évidence leur facies argileux, et les coupes des travaux plus profonds démontrent l'épaississement du lignite proprement dit et des schistes à mesure qu'on avance dans le gîte.

En somme, le dépôt consisterait, dans sa puissance maxima, en une masse d'une huitaine de mètres, comprenant 4 à 5 mètres de lignite plus ou moins pur et 3 à 4 mètres d'intercalations schisteuses et argileuses.

Le pendage général, de l'Est à l'Ouest, est à peine de 2 à 3 centimètres par mètre. Les mouvements orogéniques postérieurs à leur formation dont on retrouve des exemples dans la contrée, ne paraissent pas avoir affecté sur ce point l'allure des lignites, et ce sont les érosions récentes qui seules ont rendu visibles leurs affleurements dans les vallons de Fleytoullet, des Bernardies, des Garrigues et de La Peyrugue.

La concession de La Serre n'embrasse pas seulement des terrains lignitifères ; à peu près la moitié s'étend sur des terrains stériles où le Ligérien repose directement sur le Jurassique. Le fait que ces mêmes terrains se poursuivent au delà des ravins qui le circonscrivent de toutes parts, exclut l'éventualité d'une extension utile du concédé actuel.

La production, presque nulle, est consommée sur place pour la cuisson du calcaire exploité au-dessus de la mine dans les bancs crétacés qui couronnent le contrefort. Une partie du gîte est en feu depuis plus de 50 ans.

Les cendres provenant de la combustion du gîte ou des menus extraits sont recherchées comme engrais par l'agriculture locale.

La mine est reliée par 8 à 10 kilomètres de route, de profil assez accidenté, à la voie ferrée de Sarlat à Souillac et à celle qui va s'ouvrir prochainement de Sarlat à Condat-Beauregard.

CONCESSIONS DE LACHAPELLE ET DE VEYRINES

Voici quelques coupes relevées par M. Arnaud dans cette région :

COUPE V. — Entre le Truc et le Font de-la-Veuve (commune de Veyrines), dans un puits de recherche.

Lignite compact....	2 ^m »
Argiles bitumineuses.....	8 »
Calcaires gris tendre, fins, avec fossiles crétacés.	1 »
Eboulis.....	1 »
	12 »

Une galerie poussée à 6 mètres sous les calcaires aurait démontré l'épaississement du lignite.

COUPE VI. — Puits de Fontdommiers (Commune de Lachapelle-Péchaud).

Jurassique. Calcaire Kimméridien.

Argiles lignitifères :

Argiles avec lentilles calcaires.....	0 ^m 40
Lignite compact, comprenant 2 veines de schistes bitumineux de 0 ^m ,15 chacune, 1 ^m ,50 à	1 ^m 60
	2 ^m »

Craie moyenne. Calcaires marneux jaunâtres.

**COUPE VII. — Galerie du Rauffet (Commune
de Lachapelle-Péchaud).**

Jurassique. Calcaire dur Kimmérien moyen.

Argiles lignitifères :

Argiles avec 2 filets charbonneux.....	2 ^m 30
Lignite homogène.....	1 20
Argiles bitumineuses.....	0 60
Lignite homogène.....	0 50
	4 ^m 60

Tertiaire. Sables quartzeux, avec minerais de fer. 0 40

Argiles verdâtres..... 0 30

Si on les compare à celles de La Serre, les coupes précédentes sembleraient indiquer un certain appauvrissement. Pourtant il n'en est rien, car il faut tenir compte qu'elles furent, faute de travaux profonds, relevées sur les affleurements des couches dont le facies argileux se poursuit à Lachapelle-Péchaud comme à La Serre. L'exploitation de la Malvie et les travaux plus récents de Veyrines et de Dantou démontrent, au contraire, que le gîte conserve ici toute son épaisseur.

L'exploitation de Lachapelle traversa au début une période d'assez grande activité. La Société concessionnaire créa sur le carreau même de la mine, à la Malvie, une importante usine à ciment et une tuilerie mécanique. Cette dernière, qui utilise les argilites associées aux lignites, reste seule à fonctionner aujourd'hui et la majeure partie du combustible extrait sert à l'alimenter. Pourtant, depuis peu, la Compagnie d'Orléans enlève, comme à Cladoch, un certain tonnage de gros ; en outre, un atelier d'agglomération transforme une partie des menus en petites briquettes perforées.

Il existe dans le périmètre de la concession de Lachapelle plusieurs gisements en dehors de celui de la Malvie ; celui-ci est exploité depuis l'origine et on y relève des traces de très anciennes combustions.

Dans le contrefort qui s'étend au sud-est de l'exploitation et qui se prolonge par le plateau du Truc, des sondages récents ont recoupé les lignites et motivé l'institution de la concession de Veyrines dont l'exploitation n'est pas encore commencée.

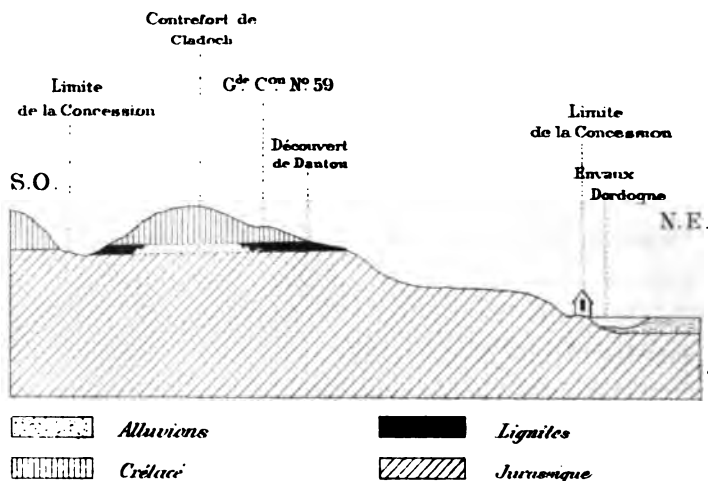
La voie ferrée de Sarlat à Siorac-de-Belvès passe à 3 ou 4 kilomètres à vol d'oiseau des galeries de la Malvie et du Truc ; mais la Dordogne court dans l'intervalle et, en l'absence d'un moyen de passage plus rapproché, les charrois devraient gagner la station de Saint-Cyprien par le nouveau pont du Garry, avec un parcours de 10 kilomètres, si l'on ne préférerait dans la pratique allonger de 2 kilomètres et embarquer à la station de Siorac, de la ligne de Périgueux à Agen, afin d'éviter les fortes rampes de Berbiguières.

CONCESSION DE CLADECH

La concession de Cladech embrasse dans ses limites une partie du contrefort au sommet duquel le village de Cladech est bâti, et principalement les pentes septentrionales qui dévalent rapidement vers la Dordogne entre Allas-de-Berbiguières et Envaux. Les pentes inférieures formées par le Jurassique sont escarpées ; le sol en est le plus souvent rocailleux et boisé. Elles s'adoucissent en approchant de Dantou, en même temps qu'apparaissent, avec les argiles lignitifères, un niveau d'humidité et les prairies. Plus haut, les pentes généralement cultivées se raidissent ou s'atténuent selon la nature des bancs crétacés, rocheux ou marneux, qui couronnent la hauteur à la cote 246.

Fig 2

Coupe d'Envaux à Dantou (Concession de Cladech)



Le chemin de grande communication n° 59, depuis son accès dans la concession, c'est-à-dire depuis son intersection avec le chemin vicinal d'Allas, suit assez exactement le changement de pente qui démarque les deux formations et il se trouve ainsi recouper ou côtoyer de très près, vers la cote 200, différents gisements, notamment celui de Dantou, le plus activement exploité du Sarladais depuis 1894.

En ce point se montrent des amas de cendres provenant de la combustion des schistes extraits des premiers travaux dont on sait seulement qu'ils recouvèrent, par puits, 10 mètres d'épaisseur de terre végétale et de marnes, 2 mètres de calcaire et 10 mètres de schistes ou de lignite.

Dans le courant de l'année 1893, le concessionnaire, M. Baradat de Lacaze, voulant reprendre l'exploitation de ce quartier, la déclivité même du terrain lui suggéra de recouper le gîte par le moyen d'une galerie à flanc

surmontant des argiles blanchâtres et, comme toit, d'autres schistes bitumineux au-dessus desquels on s'aperçut bientôt qu'il existait une nouvelle veine de lignite de 0,50.

L'épaississement du gîte dans la région du toit, qu'on pouvait déjà déduire par hypothèse de la coupe de l'ancien puits vers lequel on se dirigeait, fut vérifié par un petit sondage amorcé à la surface ; on constata qu'à 40 mètres de l'entrée de la galerie, malgré la pente du terrain, l'épaisseur du recouvrement de terre végétale et d'argile n'avait pas sensiblement augmenté. Dès lors, des travaux souterrains parurent superflus et l'on résolut de découvrir le gîte pour l'exploiter à ciel ouvert.

Cette méthode provisoire rendait possible, par de simples terrassements à la portée des ouvriers agricoles du pays et sans travaux préparatoires dispendieux, une extraction immédiate assez forte, permettant à la fois des essais commerciaux et l'étude préliminaire du gisement d'où découlerait plus tard le choix d'une méthode d'exploitation définitive.

On ouvrit donc normalement à la direction de la galerie un front d'une trentaine de mètres de largeur, avec gradin pour le découvert, et l'on avança, en prenant du large, vers les anciens travaux. En attendant l'acquisition de terrain pour une voie ferrée, l'accès de la taille fut assuré aux voitures par un raccordement avec le chemin des Bitarelles, et la galerie transformée en tranchée assura l'assèchement naturel de l'ouvrage.

En avançant, de nouvelles couches de lignite apparurent, au milieu de circonstances que la figure 3 fait assez nettement ressortir.

Pour chacune d'elles, on passe horizontalement, en suivant la ligne des strates, de la terre végétale

à des argiles rougeâtres veinées de filets schisteux qui s'épaississent pour former le banc tout entier où se distinguent bientôt des veinules plus pures, passant progressivement au lignite. Dans la masse argileuse assez confuse par laquelle chaque couche débute, se montrent des blocs épars d'une sorte de dalle grisâtre, dure, blanchissant à l'air, pétrie de débris de bivalves. D'abord très clairsemés dans les premières assises, ces blocs deviennent plus nombreux et plus volumineux dans les assises les plus élevées, et finalement on retrouve en place, régulièrement stratifié au-dessus des argiles, le banc dont ils furent détachés.

La coupe ci-dessus, établie d'après une photographie du découvert prise en 1895, indique cinq couches de lignite interstratifiées dans des schistes. La masse ligniteuse épaisse de 7^m,05 repose sur de l'argile grise plastique et est subordonnée à un recouvrement d'argiles, de calcaires, de marnes et de terre végétale de 5^m,55 d'épaisseur.

Coupe des terrains du découvert de Dantou (août 1895).

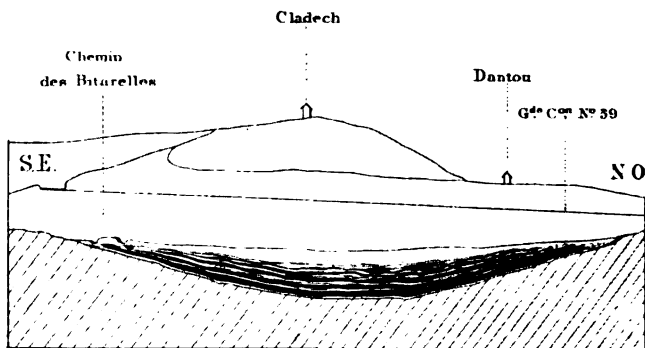
Terre végétale et éboulis.....		1 ^m »	} Mur. : 5 ^m ,55
Argiles lignifères (14 ^m environ d'épaisseur).	a. Argiles marneuses et calcaires gréseux...	1 »	
	b. Calcaires coquillers et dalliformes	1 75	
	c. Argiles schisteuses	1 80	
	d. Lignite	0 40	} Schistes et lignites : 7 ^m ,05
	e. Schistes bitumineux.....	0 60	
	d. Lignite.....	0 50	
	e. Schistes bitumineux.....	0 15	
	d. Lignite	0 50	
	e. Schistes bitumineux.....	0 20	
	d. Lignite	1 »	
	e. Schistes bitumineux.....	1 50	
	d. Lignite.....	2 20	
f. Schistes grossiers avec lentilles calcaires .		0 40	} Mur.
g. Argilite grise (approximativement).....		1 »	
h. Jurassique. Calcaires lithographiques.			

C'est ce qu'on pourrait appeler la coupe normale du gîte de Dantou qui semble avoir atteint à ce moment sa puissance maxima. Son toit, formé jusque-là de terrains plus ou moins bouleversés, se montre désormais régulièrement stratifié; le nombre des veines demeure invariable et leur épaisseur cesse en avançant. Le pendage qui inclinait au début de quelques degrés à contre-pente du coteau et qui, malgré sa faiblesse, eût bientôt nécessité des moyens artificiels d'assèchement, se redresse et conserve ainsi toute son utilité à la tranchée de Franclicu dont la direction et le point initial ne pouvaient être plus judicieusement choisis.

Cette direction suit, en effet, l'axe du dépôt dont l'allure générale en fond de bateau est caractéristique et s'accuse à la surface par la configuration même du terrain (Fig. 4). On reconnaît en contre-bas de la route une sorte de cuvette, ébréchée vers la vallée, dont les

Fig 4

Profil en travers du gisement de Dantou



 *Jurassique*

 *Ligites*

Echelle horis et verticale

$\frac{1}{3000}$

bords s'appuient au nord et au sud sur deux bombements du substratum jurassique distants entre eux de 170 mètres environ et disposés symétriquement par rapport à la tranchée. Les travaux se rapprochèrent assez du bombement nord pour mettre en évidence le relèvement des couches ligniteuses et leur amincissement progressif. Il n'en subsista bientôt plus que la plus basse, et celle-ci, au point où les besoins de l'exploitation nécessitèrent le redressement du chantier vers la partie centrale plus riche, se montra subordonnée à plusieurs mètres d'argiles sableuses ou schisteuses, de glaises diversement bigarrées de rouge, de jaune, de gris, avec concrétions scoriacées, paraissant correspondre aux assises ligniteuses du toit. Ces terrains mal assisés et sans doute remaniés étaient directement recouverts par la terre végétale.

La figure 3 indique que les couches n'ont pas subi de grandes dislocations. En 1895, le découvert n'avait rencontré qu'une petite fracture dirigée nord-ouest-sud-est, avec rejet presque vertical de 0^m,50 environ en contre-bas vers le sud-ouest.

Les bancs, dont l'épaisseur décroît en s'élevant dans la série, sont assez nettement assisés. Le lignite présente des joints de clivage dont le principal a l'orientation de la petite faille que nous venons de signaler. Ces joints, sans être marqués comme dans certaines houilles, n'en facilitent pas moins le débit du lignite en blocs quasi géométriques.

La figure 4 permet d'évaluer à 150 mètres environ la dimension transversale du gisement de Dantou.

L'évaluation de sa dimension longitudinale est plus aléatoire, à cause du recouvrement crétacé. Cependant on relève à l'ouest, dans le ravin qui sépare Dantou de Cladech, des traces de couches ligniteuses que leur allure rattache vraisemblablement à celles de Dantou

dont un millier de mètres les sépare. Le recouvrement et le défaut de travaux d'exploration empêchent de jalonner avec quelque certitude le prolongement du gîte au delà de ce point.

Il existe aussi vers Fournet, sur les limites de la concession, un autre gisement qui ne peut être relié à celui de Dantou, mais qui présente avec lui la plus grande analogie. La route n° 59 est établie dans les argiles du toit, visibles dans les talus sur plusieurs centaines de mètres de longueur. Vers l'embranchement du chemin d'Allas et sous la route on a fait sans succès quelques fouilles, notamment une galerie, amorcée probablement trop bas et qui demeura dans le mur des couches.

D'autres recherches entreprises récemment du côté opposé, c'est-à-dire au sud-ouest de Cladech, sur le territoire de Saint-Germain, auraient rencontré une certaine épaisseur de schistes charbonneux.

Tous ces travaux superficiels demandent à être repris avec plus de méthode et surtout plus d'esprit de suite. Tels qu'ils se comportent, ils permettent d'envisager l'éventualité d'une extension de la concession vers Saint-Germain et Berbiguières.

Nous avons vu que la concession de Cladech tenait dans la production du Sarladais une place importante. Ses produits s'embarquent à Siorac en passant par Merle et la grande communication n° 16, avec un parcours de 13 kilomètres.

§ III. — Généralités sur les Lignites du Sarladais.

Parmi les conséquences qui découlent des précédentes considérations, il en est qu'il convient de retenir parce qu'elles serviront de base à l'évaluation de la richesse des gisements du Sarladais et qu'elles

concourront ainsi au but pratique que nous nous sommes proposé.

Uniformité des gisements du Sarladais. — Nous devons souligner en premier lieu la remarquable uniformité de ces gisements dont nous connaissons déjà le synchronisme, uniformité qui se poursuit, malgré les distances, aussi bien dans la disposition générale des couches que dans leur constitution élémentaire. Nous retrouvons partout la succession normale suivante : une épaisseur de 7 à 8 mètres de schistes plus ou moins imprégnés de matières bitumineuses, comprenant plusieurs veines de lignite interstratifiées et d'autant moins épaisses qu'elles sont plus rapprochées du toit ; l'ensemble étant accompagné d'argilites et de glaises et subordonné aux calcaires dalliformes ou gréseux du Cénomanien marin. La formation entière ne dépasse nulle part 15 mètres d'épaisseur.

Tous les dépôts s'annoncent à la surface par un ravinement caractéristique qui, des argiles lignitifères éminemment coulantes, s'étendit par degrés aux couches plus consistantes du toit dont le point d'appui se dérobaient. Les coupes que nous avons rappelées les montrent profondément altérés par l'action prolongée des agents atmosphériques et par les phénomènes consécutifs d'oxydation, de décoloration et de kaolinisation constatés fréquemment en d'autres contrées sur les affleurements houillers. C'est ainsi qu'à Dantou, par exemple, on peut suivre le passage des schistes pyriteux voisins des calcaires à l'argile ocreuse avec production de gypse.

C'est là l'explication des particularités que l'on relève dans certaines coupes, particularités qui résultent uniquement de l'emplacement des points étudiés à des

distances différentes, quoique toujours minimales, d'affleurements inégalement altérés et dénaturés. Le gîte de Dantou qui ne fut rencontré avec sa puissance et ses roches encaissantes normales qu'après 100 mètres d'avancement, nous offre une vérification facile de la parfaite identité des divers gisements, puisque, parmi les coupes provenant de Lachapelle ou de Simeyrois, il n'en est point qu'on ne puisse reproduire presque exactement en pratiquant des sections successives plus ou moins profondes parallèlement au front d'attaque de la carrière.

La coupe de M. Meugy se retrouve elle-même dans la partie du découvert proche de l'ancien rivage. Ce sont bien dans les deux cas les mêmes argiles sableuses caractéristiques, avec colorations diverses, apparence de brique cuite et concrétions ferrugineuses, dues probablement à un remaniement de l'époque tertiaire qui expliquerait en même temps la coupe exceptionnelle du Rauffet.

Le fait que la dalle à ostracées, reconnue par M. Arnaud au toit des couches de Saint-Cyprien et de la Malvie, n'aurait pas encore été retrouvée à Dantou et à Simeyrois n'infirmerait nullement notre thèse. En premier lieu, le banc dalliforme que nous avons signalé à Dantou paraît bien être le représentant de la dalle à ostracées de M. Arnaud. S'il n'a pas été possible jusqu'ici de confirmer par des déterminations paléontologiques une opinion basée uniquement sur la stratigraphie, puisque le mauvais état de conservation des fossiles n'a pas permis à M. l'Ingénieur en chef des Mines de Grossouvre de reconnaître formellement dans l'échantillon du banc de Dantou que nous lui soumîmes l'*Ostrea* de Manorie décrite par M. Arnaud (1),

(1) *Bulletin de la Société géologique de France* 3^e série, tome VIII, 1880.

néanmoins, l'éminent géologue ne doute pas que ce banc n'appartienne au même niveau, ayant eu, au cours d'une récente tournée dans la Charente, l'occasion de trouver au milieu du Cénomanién une dalle à ostracées absolument semblable ; d'ailleurs le Ligérien se caractérise par un facies tout différent.

En second lieu, pour ce qui est de Simeyrois, on y a déjà reconnu les calcaires gréseux du Cénomanién marin, sinon la dalle de Manorie elle-même, et l'absence de celle-ci ne paraît nullement prouvée, par des galeries d'exploitation tracées dans la veine du mur ou par des petits puits très rapprochés des affleurements. On peut en juger par analogie en se référant à la FIG. 3. En effet à Dantou, l'ancien puits de la route, qui cependant dut le traverser, ne signala pas ce banc et il a fallu l'ouverture de la carrière à ciel ouvert pour en démontrer l'existence.

Formation des lignites en plusieurs petits bassins.

— De cette uniformité manifeste des gisements du Sarladais il ne faudrait pas déduire, comme les exploitants le firent quelquefois, la conséquence erronée d'un bassin unique à l'origine et aujourd'hui morcelé par les failles et les érosions.

Des dislocations ont à coup sûr affecté cette contrée ; elles expliquent la séparation des deux régions lignitifères de Simeyrois et de Lachapelle par la région affaissée de Sarlat où les couches de la base de la Craie sont masquées ; mais, dans les deux régions exhausées où apparaissent les gisements qui nous intéressent, si les failles ont pu sur quelques points alimenter et activer les actions érosives, elles ne suffisent pas pour expliquer la dissémination présente des gisements ligniteux.

Il en est de même des érosions. Leur étendue et

leur intensité sont manifestes, et à part deux ou trois points particuliers où les travaux se sont rapprochés des rivages anciens, partout ailleurs la ligne des affleurements visibles représente la limite actuelle des érosions et nullement celle de l'extension primitive des dépôts ; c'est ainsi qu'à La Serre les lignites purent s'étendre vers le ravin des Garrigues, à Dantou, vers la vallée, et sur d'autres points que l'on pourrait encore citer, au delà de leur aire actuelle. Mais le périmètre des affleurements de La Serre est circonscrit de tous côtés par celui du contact du Ligérien et du Jurassique sans interposition de lignite, sauf au sud, vers Simeyrols, où l'Angoumien dérobo le sous-sol. Ainsi, et même sous la réserve d'une certaine extension des lignites vers Simeyrols, extension rendue improbable par l'aspect des affleurements ligériens tels qu'ils se poursuivent au sud jusqu'à la Dordogne, on garde ici l'impression d'un dépôt à peu près circulaire et fermé, dont la plus grande dimension ne dépassa jamais 2.500 mètres. De même, à Dantou, le gisement de forme lenticulaire très allongée n'a pu dépasser de beaucoup ses dimensions actuelles de 1.000 mètres de long sur 150 mètres de large.

Les exemples qu'on pourrait tirer des autres exploitations ne feraient que confirmer cette conception de dépôts dès l'origine isolés et très peu étendus, réduits, depuis, à leurs dimensions présentes par les dislocations et les érosions.

Les schistes ne sont, à proprement parler, que des lignites plus ou moins minéralisés, une forme accidentelle de ceux-ci, et tous les sondages de quelque profondeur ont conduit des argiles schisteuses caractéristiques des affleurements à des veines plus ou moins épaisses de lignite. De ce chef tous les gisements charbonneux signalés dans le Sarladais deviennent

intéressants par la quasi-certitude d'y trouver une certaine épaisseur de lignite. Mais il ne s'ensuit pas que l'on devra forcément retrouver dans tous les gisements, par des travaux profonds, la série complète avec les épaisseurs qu'elle affecte sur certains points des exploitations de Simeyrols, de Lachapelle et de Cladech ; de grandes irrégularités sont au contraire habituelles dans ces amas formés sur un sol jurassique préalablement et inégalement plissé et dénudé. Il faut prévoir l'existence de seuils sur lesquels les couches supérieures, c'est-à-dire les plus pauvres, les argiles et même les calcaires du toit se seront seuls déposés. On s'est heurté à la Malvie à des accidents de cet ordre, où les couches ligniteuses se laminaient et se perdaient entre les calcaires du toit et du mur. A La Serre par exemple, il est très possible que les affleurements de l'Est et de l'Ouest, qui à première vue paraissent former les bords d'une même cuvette, soient en réalité séparés par des bombements du sous-sol et, conséquemment, par une zone appauvrie ou même tout à fait stérile.

Evaluation de la richesse des gisements connus.

— Ce sont là des éventualités dont nous tiendrons compte dans l'évaluation approximative qui va suivre de la richesse de ces tréfonds. Dans le concédé de La Serre, les affleurements englobent une superficie d'une centaine d'hectares en apparence utiles, dont il faut déduire la bande limitrophe de la surface, dans laquelle les couches sont altérées ou amincies, et les parties embrasées ou déjà exploitées. Après cette déduction et si l'on escompte une épaisseur moyenne de 7 mètres de schistes ou de lignites, il resterait encore sous une superficie utile de 50 hectares un maximum de 3 millions et demi de tonnes, dont les deux tiers de lignite et un tiers de schistes.

En procédant de même pour les autres concessions, on arriverait à cette constatation que sur 1.700 hectares concédés dans le Sarladais le dixième seulement renferme d'une façon à peu près certaine des lignites exploitables. On pourrait donc compter sur *12 millions de tonnes*, se décomposant approximativement en 8 millions de tonnes de lignite et 4 millions de tonnes de schistes.

Bien entendu ces quantités demeurent susceptibles de rectifications, dans le sens d'une réduction, du fait des accidents que les travaux pourront rencontrer, et dans le sens d'une sensible augmentation si, comme il est permis de l'espérer, l'exploitabilité des gisements signalés en dehors des concessions actuelles est un jour démontrée.

Prolongement éventuel des lignites sous la craie de Siorac et de Sarlat. — Telle serait la réserve minérale des gisements apparents dans les régions épuisées de Simeyrols et de Lachapelle. Pour rester dans le domaine des faits, nous ne ferons pas entrer en ligne de compte l'éventualité de découvertes nouvelles dans les régions affaissées de Siorac et de Sarlat. Et à ce propos qu'il nous soit permis d'entrer dans quelques considérations géogéniques.

Si nous essayons de reconstituer dans ses lignes générales l'orographie de la région antécénomanienne, nous concevons un sol à peu près plat dont les dépressions les plus marquées reçurent les premiers dépôts ligniteux lacustres. Les circonstances favorables à cette formation d'eau douce n'eurent qu'une très courte durée qui correspond à la masse argilo-ligniteuse concentrée à la base; elles cessèrent bientôt avec l'apparition des premiers dépôts saumâtres, puis pélagiques, qui, se superposant en stratification concor-

dante ou transgressive, achevèrent de niveler le sol, et aussitôt le Ligérien recouvrit uniformément l'ensemble de la contrée.

Le caractère de généralité et la rapidité de la transgression marine, l'épaisseur minime des couches d'eau douce et saumâtres, sont des faits connexes qui impliquent la faible profondeur des dépressions jurassiques, en même temps que leur proximité du littoral, et par suite on se trouverait en droit de douter de l'extension des lignites à l'Ouest, c'est-à-dire dans la direction de Siorac.

Par contre, de la continuité du régime des lagunes littorales entre les régions de Lachapelle et de Simeyrols, continuité qui n'est pas contestable, résulterait la probabilité de l'existence de gisements semblables à ceux que nous connaissons, sans doute plus faillés et moins corrodés, dans l'intervalle, c'est-à-dire dans la région affaissée de Sarlat, mais, en l'état actuel de nos connaissances, nous ne disposons d'aucun point de repère pour les retrouver sous la Craie qui les masque.

Considérations géogéniques sur les lignites. — Il n'y a pas à rechercher de concordance quelconque entre les circonstances géogéniques de formations chronologiquement aussi éloignées que le Houiller et la Craie, néanmoins, nous avouons qu'en terminant ce chapitre de généralités nous n'avons pas réussi à nous défendre contre une réminiscence des belles théories de M. Fayol sur les deltas houillers du Plateau central.

Des reliefs alpestres et des actions météoriques puissantes, des cours d'eau torrentiels charriant dans des estuaires profonds des végétaux de provenance plus ou moins éloignée, les disséminant ou les amassant au sein de sédiments épais, le plus souvent grossiers, où ils se transformèrent en houille, suivant un processus

d'ailleurs encore mal défini, telles auraient été les causes générales qui concoururent à la formation des couches houillères, de celles, par exemple, qui s'observent à 30 kilomètres au nord de Sarlat dans les assises permo-houillères du Terrassonais.

On voit combien différentes furent les circonstances orographiques et hydrographiques de notre formation ligniteuse. La présence de tous les éléments qui la constituent, argileux, calcaires, organiques ou bitumineux, se justifie sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir des ruissellements énergiques auxquels la nature et le relief des faîtes jurassiques se seraient d'ailleurs fort mal prêtés. On conçoit plutôt, par analogie avec nos *Causses* actuels, la végétation et la faune de l'époque, localisées dans les dépressions devenues marécageuses à la suite de premiers entraînements d'argile qui en rendirent les lits étanches et y accumulant presque sur place leurs débris plus ou moins humifiés. Mais ceci n'explique que d'une façon très imparfaite la formation de nos amas lignitoux et d'autres causes intervinrent certainement.

A ce point de vue les Etudes de M. C.-Eg. Bertrand (1), sur les charbons humiques et l'enrichissement des matières organiques en hydrocarbures par apport de bitume, revêtent un singulier intérêt.

Nous avons pensé que leur application aux lignites du Sarladais dissiperait bien des incertitudes dont leur genèse reste entourée, et, que de ce résultat spéculatif, l'exploitation ne manquerait pas de retirer par surcroît quelque profit pratique. Cette pensée nous a encouragé

(1) M. C.-Eg. Bertrand, professeur de botanique à la Faculté des sciences de Lille. — Premières notions sur les charbons de terre. — *Bulletin* de la Société del'Industrie minérale, 3^e série, tome XI, 3^e livraison 1897.

à soumettre des échantillons au savant professeur et nous ne pouvons mieux faire, puisqu'il a bien voulu nous y autoriser, que de transcrire ici sa première impression.

« Ce lignite est certainement très intéressant. Je n'ai pu l'examiner que macroscopiquement; j'y ferai tailler des lames minces pour l'étudier au microscope, mais cela prendra un certain temps.

« Il s'agit d'un charbon humique formé comme ceux que j'ai décrits. La partie humique y joue le rôle prépondérant. Il y a des débris végétaux enfermés accidentellement dans la masse, les plus altérés sont à l'état de menus fragments de fusain. D'autres morceaux plus gros se distinguent sur la tranche à leur cassure plus noire et plus brillante; l'imprégnation bitumineuse y paraît faible. Le rôle respectif de la matière humique brune et du bitume imprégnant ne pourra être indiqué d'une façon définitive qu'après étude des coupes minces.

« Comme vous, je pense qu'une étude détaillée des diverses couches du gisement pourrait guider utilement l'exploitation. »

C'est là le point essentiel qui méritait d'être signalé aux exploitants du Sarladais pour qu'ils s'associent et contribuent à cette intéressante étude en repérant exactement leurs gisements en profondeur et en surface, comme l'ont fait pour leur *Kerosene shale* les exploitants australiens (1). Mais il ne leur suffira pas d'avoir la bonne volonté de fournir les échantillons nécessaires, il leur faudra encore les prélever utilement; aussi croyons-nous bon de leur communiquer les

(1) M. C.-Eg. Bertrand. Nouvelles remarques sur le *Kerosene shale* de la Nouvelle-Galles du Sud (Autun, 1896).

conseils pratiques que M. Bertrand a bien voulu nous donner.

1° Relever une coupe stratigraphique très détaillée et très explicite de toutes les couches du gisement, en descendant assez bas dans le détail du mur et en s'élevant assez haut dans le détail du toit pour ne pas négliger l'origine et la terminaison de la couche. A ce propos M. Bertrand signale le cas du Bois d'Asson où la couche de schiste bitumineux est recouverte par une dalle dure qui se sépare nettement du schiste et qui n'est pourtant que la suite du schiste plus fortement minéralisé, la fin de la couche étant plus haut que le toit apparent.

2° Numérotter les couches relevées ; ramasser des échantillons compacts et volumineux de chacune d'elles en y reportant le numéro de la couche et l'indication de la face supérieure, et en s'appliquant à avoir les contacts des différentes couches.

3° Apporter une attention particulière à tout ce qui serait *nodules* ou *laie de terre* dans les schistes et les lignites. Les nodules siliceux du boghead et des schistes d'Autun sont un exemple des premiers ; les bandes de pyropissite des charbons oligocènes de Transylvanie sont un exemple des seconds.

DEUXIÈME PARTIE

Considérations sur l'exploitation proprement dite et sur l'exploitation commerciale des LigniteS du Sarladais.

§ I. — Exploitation proprement dite et prix de revient.

Travaux actuels. — Les gisements du Sarladais ont été attaqués par des galeries à flanc de coteau, que favorise la configuration des terrains, et quelquefois par de petits puits dont la profondeur ne dépassa jamais 25 mètres. L'unique objectif de ces travaux, dont l'intérêt technique est nul, fut toujours la veine principale, celle du mur, à l'exclusion de celles du toit qui représentent pourtant presque partout la moitié de l'épaisseur totale du lignite. D'ailleurs la majeure partie de la veine exploitée elle-même demeurerait inutilisée.

Nous avons vu que le lignite repose habituellement sur des argiles par l'intermédiaire d'un lit mince de schistes grossiers. Cette circonstance est nuisible à la solidité des travaux ; sous la pesée des piliers et l'action de l'humidité les schistes ne tardent pas à se rompre, les argiles gonflent, les boisages s'enfoncent et la difficulté d'assurer, même au prix de rebanchages fréquents, la stabilité de la voie et de la galerie fait que l'on abandonne bientôt celle-ci pour en reprendre une autre un peu plus loin.

En somme, on exploite le long des affleurements une bande étroitement limitée par les nécessités du soutènement, du roulage et de l'aérage, et, dans ce champ, l'on procède sans remblayer, par de simples traçages laissant entre eux des piliers, ou plutôt de vrais massifs, aux dimensions aussi irrégulières qu'injustifiées.

Une telle méthode, si tant est qu'on puisse lui donner ce nom, a pu paraître économique et suffisante avec une production restreinte et des travaux peu étendus ; mais il n'en serait plus de même si l'exploitation se développait et s'approfondissait. Elle n'assurerait pas l'utilisation du gîte et constituerait, au surplus, un véritable danger pour l'avenir ; le plus ou moins grand espacement de galeries destinées à être abandonnées un jour ou l'autre ne ferait que retarder les éboulements et ceux-ci, en présence de matériaux aussi prompts à s'échauffer, rendraient inévitables les feux comme à La Serre.

En se reportant aux cahiers des charges des concessions, on y voit que l'Administration des mines a prévu le danger en imposant aux exploitants les conditions suivantes : « Le lignite menu et les autres matières « susceptibles de s'enflammer spontanément dans « l'intérieur des mines seront transportés au jour, au « fur et à mesure de l'avancement des travaux, à moins « d'une autorisation spéciale... »

Il n'est pas douteux que schistes et lignites sont au même titre des matières de cet ordre et l'on ne conçoit pas d'autre méthode rationnelle que celle qui assurera l'enlèvement complet des uns et des autres. C'est la seule qui satisfasse, pour le présent et pour l'avenir, tant au point de vue de la conservation du gîte et de son utilisation complète que de l'économie du prix de revient.

Exploitation à ciel ouvert. — L'idée qui vient dès l'abord, eu égard à la faible épaisseur des terrains de recouvrement, est celle de la méthode à ciel ouvert qui fut essayée à Dantou en 1893, et dont il est surprenant qu'on n'ait pas fait plus ample usage dans le Sarladais partout où les circonstances s'y prêtaient, c'est-à-dire

dans la plupart des cas. Elle offrait à Dantou, au début des travaux, une supériorité manifeste ; mais elle ne peut se poursuivre que jusqu'à une distance à déterminer.

Par cette méthode, le prix P de la tonne de lignite marchand amenée à l'entrée de la carrière, s'établissait comme suit :

$$P = \frac{p H}{h}$$

H étant la hauteur totale de l'ouvrage, h celle du lignite et p le prix du mètre cube de déblai moyennant lequel les entrepreneurs se chargeaient de l'exploitation, c'est-à-dire de la fouille, du roulage et de la décharge des matériaux stériles et du roulage du lignite jusqu'à l'origine de la voie de raccordement avec le dépôt de la route. Il faut entendre par lignite marchand le gros au-dessus de $20^m/m$, dont le mètre cube de lignite en place rendait approximativement une tonne ; quant aux menus, ils devaient être, faute d'emploi, rejetés au dehors avec les terres et les schistes.

Le chantier de la galerie donnait de son côté, en ce moment, un revient de 3 francs pour la tonne de lignite rendue au même point et y compris la décharge des déblais. D'ailleurs, il était admissible que ce prix ne varierait guère tant que la pente des couches et l'avancement des travaux n'imposeraient pas de moyens spéciaux d'épuisement et d'aérage et des dépenses extraordinaires d'entretien.

L'égalité $\frac{p H}{h} = 3$ permettait donc de tirer une valeur de H qu'on pouvait considérer comme la limite jusqu'à laquelle on aurait un intérêt indiscutable à exploiter à découvert. En effet, de cette façon on devait bénéficier par surcroît de nombreux avantages dont il n'avait pas été tenu compte, notamment de la possibilité de

recruter le personnel parmi les ouvriers agricoles, de l'élasticité de la production, de la suppression à peu près complète des explosifs, puisque les bancs, successivement découverts, se débitaient aisément à la pince et au coin, d'où une proportion plus forte de grêlages et un triage plus facile, enfin de l'utilisation de toutes les veines et de la suppression du danger des feux.

En regard de ces avantages, l'achat des terrains superficiels, conséquence du découvert, n'avait plus qu'une importance minime, car en se basant sur un prix de 7.000 francs l'hectare et sur 5 mètres d'épaisseur de lignite, cette dépense s'élevait seulement à 0 fr. 15 par tonne, et encore conviendrait-il dans la suite d'en déduire la valeur des terrains exploités, au fur et à mesure de leur restitution à la culture après leur occupation temporaire.

On trouva que la limite s'établissait pour :

$$\frac{h}{H} = \frac{1}{6}$$

c'est-à-dire l'épaisseur de lignite étant de 5 mètres, pour une hauteur totale de fouille de 30 mètres. Or, l'ancien puits de la route, qui était descendu jusqu'au mur des couches, ayant une profondeur de 22 mètres, on pouvait, par conséquent, considérer la route elle-même, les clôtures et les habitations voisines comme la limite transversale du champ à découvrir.

Le projet était d'enlever d'abord une bande du gîte le long de sa bordure nord, de reconnaître ainsi, le plus rapidement possible, l'importance des travaux de l'ancien puits et de se rabattre ensuite, en prenant le reste du massif par un déplacement du front parallèlement au grand axe du gîte, c'est-à-dire perpendiculairement à la route, jusqu'au bombement jurassique de la limite sud. La sortie du lignite et des eaux devait se

faire pendant la première période par une tranchée ménagée entre remblais, et pendant la deuxième le long du front de taille qu'il serait toujours loisible de coucher de manière à obtenir la pente voulue.

Les calculs d'équilibre du déblai et du remblai indiquaient les chiffres approximatifs suivants :

Cube du lignite exploitable.....	62.000 ^{m³}
Cube du remblai, c'est-à-dire des schistes et des terres du découvert, en tenant compte d'un foisonnement de 1,5	259.000 ^{m³}
Cube du déblai total.....	235.000 »
Cube de remblai en excédent.....	24.000 »

Mais le tassement naturel des remblais sur une superficie de près de 2 hectares assurait le placement de la majeure partie de cet excédent et à la fin de l'exploitation le sol devait se trouver à peu près nivelé.

On se mit à l'œuvre, mais, dans l'exécution, on fut très loin de profiter de tous les avantages qu'on se promettait. D'abord, par suite de difficultés pour l'acquisition des terrains superficiels, on ne donna pas à l'attaque des dimensions suffisantes et l'on fut obligé de modifier plusieurs fois le plan primitif; l'avancement fut conduit par intermittences, le gradin du découvert ne prit jamais une assez grande avance sur le chantier au lignite, le talutage des remblais fut fait sans soin et, leur nature coulante aidant, on eut à lutter contre des éboulements incessants.

L'avantage de la méthode n'en fut pas moins bien reconnu et la meilleure preuve en est qu'on la pratique encore et qu'elle servira vraisemblablement à l'exploitation de tout ce quartier.

On pourra l'appliquer en outre à l'affleurement ligniteux situé sur le versant opposé à Dantou. Il n'y a pas de raison pour qu'on ne puisse établir sur ce point une

exploitation symétrique, avec la facilité en plus de la pousser beaucoup plus avant par le fait de moindres servitudes de surface. D'ailleurs, il convient de retenir que l'extension de la méthode au delà de la limite théorique qu'on lui a assignée deviendrait possible le jour où l'on aurait trouvé un emploi pour les schistes.

Méthode mixte. — Il n'en restera pas moins à exploiter par des travaux souterrains un massif partiel que l'on peut évaluer, pour le cas de Dantou, aux trois quarts du gîte, l'autre quart étant réparti entre les deux découverts.

L'aménagement général pourra comprendre : une ou plusieurs galeries d'allongement mettant en communication les deux carrières et assurant l'assèchement et le service des remblais, enfin un petit puits d'extraction de 30 à 35 mètres de profondeur placé en amont de la route et servant à remonter et à concentrer sur ce point tous les produits.

Si l'on se décide, comme nous le pensons, à enlever simultanément les schistes et les lignites, la masse atteignant par place 7 mètres d'épaisseur exigera d'être prise en 2 ou 3 tranches successives dont la première, celle du mur, la plus difficile à cause du sous-sol argileux, devra tout au moins être remblayée.

Quant aux remblais, on les empruntera naturellement aux découverts dont la limite théorique se trouvera reculée d'autant.

Notre intention n'est pas d'entrer dans le détail de cette exploitation mixte, mais seulement de montrer, d'une façon générale, qu'elle s'adapte bien à la nature et à l'allure des gisements ligniteux, non seulement à Dantou mais encore dans les concessions voisines. Les couches affleurent partout à flanc de coteau ; leur recouvrement variable ne dépasse nulle part 70 mètres

d'épaisseur ; partout la nécessité s'impose d'un système souterrain et d'une carrière à remblai qu'il vaut autant placer au-dessus de l'affleurement. Seul l'aménagement général variera selon les particularités locales de l'allure des couches, des conditions de l'assèchement, du site, des voies de communication, etc.

Prix de revient. — Le revient obtenu en ce moment par les mines du Sarladais se rapproche du prix moyen de 8 francs la tonne sur wagon en gare de départ. Dans ce prix les transports par voiture et les manutentions accessoires au départ et en gare entrent pour un minimum de 3 fr. 50. Le revient sur le carreau serait donc à peu près de 4 fr. 50.

Ce prix est évidemment très faible ; il est dû à la simplicité des moyens mis en œuvre. Nous ne croyons pas qu'on puisse le réduire de beaucoup, car si l'on donne de l'ampleur aux moyens de production et qu'on réalise de ce côté une économie sensible, ce sera au prix d'immobilisation de capitaux dont le service et l'amortissement n'entreront pas moins en ligne de compte. On bénéficiera donc d'une différence qu'il est assez difficile d'apprécier. Pourtant il paraît rationnel d'admettre que l'exploitation souterraine se poursuivra à des conditions sensiblement comparables avec celles qu'on obtient aujourd'hui, qu'on réalisera une économie minima de 2 francs par tonne sur un bon quart de l'extraction par le développement des découverts, et enfin une autre économie très intéressante par l'utilisation des menus, jusqu'ici négligée, et par celle des schistes, il est vrai plus douteuse.

Bref, le prix de 3 fr. 50 sur le carreau nous semble réalisable et ne présente, en somme, rien d'extraordinaire lorsqu'il s'agit comme ici de gîtes rentrant dans un cas d'exploitation assez simple pour assurer un fort

rendement par ouvrier, en même temps qu'une proportion de menu minime, et pour que, par des dispositions faciles, les questions d'épuisement, d'aérage, de gaz, de feux, ne se posent même pas.

C'est principalement sur le revient des transports qu'une importante réduction est possible. La suppression du service par voitures est la première réforme à accomplir.

Qu'on se serve des routes existantes pour asseoir sur leur accotement une voie étroite qui, par Merle et Ecoute-s'il-Pleut, gagnerait Siorac en desservant ainsi les 3 exploitations de la région de Lachapelle, ou qu'on préfère, ce qui a été déjà étudié et qui nous paraît le plus simple, établir un transport par câble aérien entre Merle et la station de Saint-Vincent-Bézenac, il est certain qu'on économisera, soit sur le transport lui-même, soit sur les manutentions accessoires de chargement et de transbordement, les deux tiers des frais actuels, c'est-à-dire 2 fr. 35 par tonne.

Et nous arrivons ainsi au prix de revient de 4 fr. 66 sur wagon en gares de départ.

§ 2. — Exploitation commerciale.

Nature des produits. — Débouchés et prix de vente.

NATURE DES PRODUITS

Les gisements du Sarladais présentent, comme substances utiles, le *Lignite* proprement dit et des *Schistes*, dits *bitumineux*, auxquels nous conserverons cette appellation locale, sous réserve d'en déterminer tout à l'heure l'exakte portée.

A ces substances qui constituent la masse des dépôts s'ajoutent, à titre adventif, les *argilites*, les *calcaires variés* et les *minerais de fer* que l'on rencontre dans les couches encaissantes ou dans les formations voisines

et dont nous retiendrons seulement ce qu'ils peuvent offrir d'intéressant pour des industries annexes, c'est-à-dire comme débouché subsidiaire des lignites.

Lignites et Schistes bitumineux. — Le lignite, tel qu'il s'extrait des exploitations du Sarladais se présente, lorsqu'il est homogène, en blocs sensiblement parallépipédiques ; il est brun clair, compact, à cassure un peu grasse.

L'essence des bois lignitifiés ne s'y distingue pas à première vue, comme par exemple dans les lignites tertiaires de Laveyssière près Murat ; la tranche d'un échantillon montre des lames claires, d'une sorte de *jayet*, disposées dans le sens de la stratification et noyées au milieu d'une masse uniformément terne.

Il passe horizontalement et verticalement à des schistes qui ne sont à vrai dire que du lignite dans lequel les mêmes éléments ligneux et bitumineux sont disséminés dans une proportion plus forte d'éléments minéraux, surtout argileux. De ce renversement des proportions résultent la densité et la fissilité plus grandes, la coloration moins foncée, le grain plus grossier, l'absence de clivage et la cassure terreuse qui permettent de les distinguer. Ces schistes n'ont aucune ressemblance avec les *schistes* bitumineux classiques durs, sonores, d'un noir mat, à cassure conchoïde et luisante, utilisés pour la fabrication des huiles minérales dans l'Allier et l'Autunois.

Les couches ligniteuses contiennent de nombreux débris organiques plus aisément discernables dans les schistes, des nodules de calcaires fossilifères, du sulfate de chaux résultant de l'effleurissement des pyrites, et surtout du fusain dont les fragments courts et fibreux, apparents dans tous les lits parallèles à la stratification, forment des amas et veinules d'une certaine épaisseur.

Exposé aux agents atmosphériques, le lignite s'effrite d'autant plus vite qu'il est moins pur et tombe alors en menus qui ne tardent pas à s'échauffer et à s'enflammer spontanément, par suite de l'oxydation des pyrites et des matières charbonneuses.

Voici les résultats de quelques analyses :

Analyses des lignites du Sarladais.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	MOYENNES
Eau.	10.30	21.60	14.92	20.60	16.40	16.77
Matières volatiles	43 »	44.80	31.76	39.40	43 »	40.39
Carbone fixe	43.40	29.60	31.37	28 »	34 »	33.27
Cendres.....	3.30	4 »	21.95	12 »	6.60	9.57
	100 »	100 »	100 »	100 »	100 »	100 »

L'essai n° 1 a été fait en septembre 1893 à l'Ecole des Mines de Paris, sous le n° 12.177, l'essai n° 2 en janvier 1899, sous le n° 14.204 ; les échantillons provenaient des travaux de Dantou. L'essai n° 3 fait par MM. Maret et Delattre, de Paris, date aussi de 1893, mais il est antérieur à l'ouverture des travaux et l'échantillon provenait des affleurements. Nous ne connaissons pas la provenance des échantillons analysés sous les n° 4 et 5.

Cendres. — La teneur moyenne en cendres de 9 à 10 p. % qui résulte du tableau précédent est à peu près celle des gailletteries que les mines pourraient livrer actuellement après un triage convenable. Quant aux menus, qui proviennent principalement des mises schisteuses, leur teneur est très variable et peut dépasser 20 p. %.

Les cendres sont argileuses et roussâtres ; en voici deux analyses : la première faite au laboratoire des Agriculteurs de France en 1893, la deuxième au bureau des Essais de l'Ecole des Mines de Paris en septembre 1893.

Analyses des cendres de lignite

1° Silice.....	46 06
Acide phosphorique.....	0 10
Acide sulfurique.....	9 75
Chaux.....	3 94
Magnésie.....	0 75
Potasse.....	1 34
Alumine et sesquioxyde de fer.....	33 »
Eau et acide carbonique.....	5 06
	100 »
2° Argile { Silice.....	56 »
Alumine.....	25 30
Peroxyde de fer.	6 20
Chaux.....	6 30
Potasse.....	traces
Acide phosphorique.....	absence
Perte par calcination.....	6 »
	99 80

Ces résultats sensiblement différents, bien que les deux échantillons eussent été prélevés tous deux dans les déblais embrasés du découvert de Dantou, montrent que tous les bancs de la formation ne se prêtent pas au même degré à l'utilisation de leurs cendres pour l'engrais. Il y aurait donc lieu de déterminer l'utilité de chacun d'eux pour cet usage par le moyen d'incinérations distinctes.

Les cendres, telles qu'elles proviennent des déblais

brûlés, c'est-à-dire sans aucune préparation commerciale et, par suite, fortement mélangées de parties terreuses ou pierreuses, n'en sont pas moins appréciées par l'agriculture locale. Leur effet aurait été reconnu par l'usage comme particulièrement bienfaisant pour la vigne dans les terrains argilo-calcaires qui forment le sol normal de la Dordogne, et cette efficacité serait due surtout à leur teneur notable en potasse. En décomptant la valeur marchande des éléments fertilisants qu'elles renferment, leur valeur agricole réelle serait de 1 franc les 100 kil. Il n'est pas douteux qu'une incinération plus soignée, suivie d'un simple tamisage, augmenterait la vente de cette sorte de sous-produit qui n'est pas sans intérêt tant qu'on n'aura pas trouvé un emploi plus avantageux des résidus dont l'extraction de la mine est inévitable.

Humidité. — Le lignite est éminemment hygrométrique ; les essais ci-dessus lui assignent une teneur moyenne de 16 à 17 p. % d'eau, et encore ne s'agit-il ici que de l'eau de constitution d'échantillons choisis et relativement secs. Dans la pratique, l'eau d'imprégnation varie du simple au double suivant les saisons, et le lignite commercial arrive à contenir, en cendres ou en eau, de 25 à 50 p. % de son poids.

Coke. — Comme tous les charbons riches en acide ulmique, le lignite donne du coke pulvérulent, dont les teneurs en soufre et en cendres peuvent d'ailleurs atteindre respectivement 6 et 26 p. %. Dans ces conditions, la carbonisation du lignite n'offre en soi aucun intérêt industriel ; mais il est possible qu'étant amené à distiller les lignites pour les sous-produits, on trouve l'utilisation directe du coke, même très médiocre, dans la chauxfournerie locale.

Pouvoir calorifique. — Le tableau ci-dessous contient les éléments de comparaison de nos lignites du Sarladais et de différents types connus :

PROVENANCES	EAU	Matières volatiles	Carbone fixe	CENDRES	Pouvoir calorifique
					cal.
1 Terre de Feu	16.50	34.30	30.70	18.50	4.885
2 Trifail (Styrie).....	0.71	47.59	46.95	4.75	6.284
3 Vaugirard	3.14	45 »	45.11	6.75	5.536
4 Marceau (Algérie)....	30.80	31.20	25.40	12.60	4.264
5 Voglans (Savoie).....	15.60	45.60	30 »	8.80	—
6 Sarladais (analyse N°1)	10.30	43 »	43.40	3.30	6.625

Les pouvoirs calorifiques des provenances 1, 2, 3 et 6, ont été calculés directement à la bombe Berthelot-Mahler. M. Dusauguey, dans son étude sur le Lignite de Marceau (1) ne dit pas expressément si le pouvoir calorifique qu'il indique a été obtenu de la même façon ; nous faisons, par conséquent, des réserves sur le nombre 4.264 pour le cas où il ne serait pas comparable aux autres nombres du tableau.

De même, pour le lignite de Voglans, nous ne trouvons dans la communication de M. Grand'Eury (2) d'autre indication de pouvoir calorifique que le nombre 2.528 qui se rapporte à un échantillon très chargé en humidité et non à celui dont l'analyse faite à l'Ecole des Mines, figure au tableau ci-dessus ; nous nous abstenons donc de le mentionner.

Emploi comme combustible. — Le lignite, toujours plus ou moins humide, s'allume lentement et demande

(1) M. E. Dusauguey, ingénieur civil des mines. — Etude du gisement de lignite de Marceau. — *Bulletin de la Société de l'Industrie minière*, 3^{me} série, tome XII, 3^e livraison, 1898.

(2) *Comptes rendus de la Société de l'Industrie minière*. — Saint-Etienne, séance du 10 décembre 1898.

untirage actif. Sa flamme est assez longue et moyennement éclairante ; sa braise se conserve longtemps en incandescence ; il brûle sans se ramollir, ni se boursoufler, en se fendillant et en émettant de petites étincelles à la façon du bois ; il répand une odeur empyreumatique très désagréable. Si l'on ajoute à ce dernier inconvénient celui de sa teneur élevée en matières inertes, de son hygrométrie et de l'impossibilité de le conserver à l'état de gros, puisque celui-ci en se desséchant ne tarde pas à se désagréger et à s'échauffer, on voit qu'il constitue un chauffage très inférieur tant au point de vue domestique qu'industriel.

En tant que charbon de vapeur, les inconvénients que nous venons d'énumérer se compliquent de son faible pouvoir calorifique et de sa mauvaise tenue sur les grilles. Mais ceci n'est qu'une affaire de prix de revient et d'accoutumance des chauffeurs.

Agglomération. — Dès le début, l'idée vint aux exploitants de transformer le lignite en briquettes pour supprimer les principaux inconvénients de son emploi direct.

Un premier essai, qui n'eut pas de suite, fut fait à la Forge des Eyzies il y a une vingtaine d'années. Actuellement M. Le Bris de Beauvoys, directeur des mines de Lachapelle, a repris cette fabrication avec une presse Biérix. Il a adopté la forme de petites briquettes perforées, et les difficultés inhérentes à la nature hygroscopique des matières à agglomérer lui ont suggéré d'ingénieux appareils de dessiccation et de malaxage (1).

Ces tentatives trouvent leur justification dans la comparaison de certaines briquettes allemandes de lignite

(1) Daydé et Pillé. — Ateliers de construction de Creil. — Dessiccateur et Malaxeur H. Le Bris.

et du lignite du Sarladais, avec lequel il ne paraît pas impossible, *a priori*, d'obtenir des produits similaires.

Voici la composition d'une de ces briquettes :

Brique de lignite allemand

Eau.....	»
Matières volatiles.....	49 60
Carbone fixe.....	34 »
Cendres.....	16 40
	100 »

M. Grand'Eury nous a montré que ces mêmes considérations ayant décidé les exploitants de Voglans à chercher dans cette voie l'utilisation de lignites encore plus hygrométriques que les nôtres, leur initiative avait été récompensée par un plein succès. Ils compriment la matière préalablement broyée et desséchée seulement jusqu'à la teneur de 18 à 20 p. % d'eau, par le moyen d'une presse continue du type allemand, sans adjonction d'aucune substance agglomérante.

A Lachapelle, on est obligé d'employer une certaine proportion de brai, et cette obligation peut découler de la nature différente du lignite, ou, peut-être, de ce qu'on en pousse trop loin la dessiccation. La forme perforée qu'on y donne aux agglomérés se justifie par ce fait qu'ils exigent un tirage actif pour brûler, et que, d'ailleurs, ils se consomment sans se déformer : mais la forme de boulets ovoïdes, justifiable par les mêmes raisons, et la forme allemande mériteraient aussi d'être attentivement étudiées.

Quelle que soit la forme définitive imposée par les commodités ou les nécessités de l'exploitation et du prix de revient, on peut dire que malgré une région de vente infiniment moins favorable que celle de la Savoie, la question de la transformation de nos lignites en bri-

quettes reste d'autant plus intéressante qu'ils peuvent être obtenus à meilleur compte sur les lieux de consommation. Ce bon marché permettrait, même avec des prix de transports élevés, de porter les produits fabriqués dans les grands centres régionaux et jusqu'à Paris où les importations similaires valent actuellement 75 fr. la tonne. D'ailleurs, il n'est pas impossible qu'on obtienne le brai, s'il est nécessaire, sur place comme sous-produit de la distillation des lignites dont nous allons parler à présent.

Distillation des lignites et des schistes. — Cette question n'a été qu'effleurée jusqu'ici. On trouverait bien quelques éléments d'appréciation dans les tentatives faites dans le Gard et en Savoie, mais si les lignites de ces provenances ont des traits communs avec ceux du Sarladais, ils ne sont pas tout à fait comparables et la nature et la valeur de leurs sous-produits doivent, par suite, différer notablement.

En ce qui concerne les lignites du Sarladais, notre documentation se borne à un travail analytique de M. Weil que M. Baradat de Lacaze a bien voulu nous communiquer et dont voici les principales conclusions :

1° Produits bruts obtenus par la distillation de 100 kil. de lignite :

Goudron encore humide....	6 900
Eaux ammoniacales.....	32 100
Coke.....	35 500
Gaz.....	25 500
	100 »

2° Produits bruts obtenus par la distillation de 100 kil. de goudron :

1. Eaux ammoniacales adhérentes au goudron de 20 à 170°.....	24 400
2. Essences légères renfermant un peu de benzine, de 20 à 170°.....	10 »
3. Hologène brut distillé de 170 à 220°.....	4 220
4. Huile lampante brute distillée de 220 à 280°.....	14 500
5. Huile brute à graisser, de couleur foncée, de 220 à 280°.....	6 634
6. Huile à graisser paraffinée de 220° à la plus haute température.....	11 260
7. Masse concrète paraffinée.....	19 720
8. Asphalte ou résidu.....	8 159
9. Gaz ou perte.....	1 107
	100 »

En résumé, on obtiendrait les résultats suivants, après distillation, purification de la paraffine brute, traitement des huiles lampantes, des huiles à graisser, des eaux ammoniacales et agglomération en briquettes du coke par le moyen du brai recueilli :

215 k. de gaz à utiliser pour le chauffage des appareils,

420 k. de briquettes pour chauffage industriel,

12^k,90 de sulfate d'ammoniaque à 43°,

4^k,480 de paraffine,

34^k,690 d'huile à graisser.

La valeur de ces divers produits, qui se retrouveraient dans les schistes en moindre quantité, serait de 20 à 25 fr. par tonne de lignite.

Mais ce sont là des résultats de laboratoire.

SUBSTANCES ADVENTIVES

Argilites. — Les argiles associées directement aux lignites sont grises ou rougeâtres, liantes ou sableuses ; elles contiennent de menues parcelles calcaires et des pyrites. Quelques veinules choisies paraissent utilisables comme produit réfractaire, mais la majeure partie ne se prête qu'à la fabrication des matériaux de construction, en vue de laquelle fut construite l'importante usine de Merle (concession de Lachapelle). Après certaine préparation et des mélanges, elles fournissent des produits de qualité courante ; on en a même tiré des pièces de poterie artistique d'un bel aspect.

Malgré que le lignite brûle un peu à la façon du bois et se prête assez bien à la cuisson de la céramique, cet emploi ne saurait lui assurer un débouché notable. On ne conçoit pas toutes les exploitations créant sur leur carreau des usines comme celle de Lachapelle, alors que seule celle-ci suffirait à satisfaire les besoins de tout le pays.

Chaque localité de quelque importance possède, en effet, ses petites briqueteries d'où elle tire les matériaux d'un usage courant. A défaut d'une consommation locale suffisante, il faudrait donc exporter les produits et la première condition pour cela serait de charger directement sur rails ou sur bateau, ce qui n'est pas le cas. Mais il n'en subsisterait pas moins la concurrence des grandes usines similaires de Périgueux, des Charentes, de Bordeaux et de la vallée de la Garonne qui disposent des voies ferrées et navigables et continueraient à détenir le marché régional.

Plutôt que de créer des usines nouvelles, il sera donc plus rationnel de s'efforcer de fournir à celles qui existent tout ou partie de leur combustible.

Calcaires. — Le département de la Dordogne est en majeure partie formé de terrains secondaires ; on y trouve toute la gamme des calcaires, les calcaires oolithiques extrêmement purs, exploités pour chaux grasse à Terrasson et à Négrondes dans les bancs du Bajocien à *Pecten pumilus*, les calcaires lithographiques exploités pour ciment à Allas, et les calcaires campaniens exploités pour chaux hydraulique à Saint-Astier.

Ce département arrive en très bon rang pour la production chaufournière, et des usines considérables prospèrent dans le voisinage immédiat des lignites à Allas et à Saint-Cyprien.

Malheureusement ce combustible, à l'état brut, n'a pas convenu jusqu'ici à cette fabrication et, à Lachapelle même, une puissante batterie de fours demeure inoccupée. Nous disons qu'il n'a pas convenu jusqu'ici, ne sachant pas si l'on doit considérer comme concluantes des tentatives qui n'ont porté que sur le lignite brut. Et puis a-t-on essayé d'adapter les dimensions des fours et le concassage de ces calcaires locaux à chaux hydraulique et ciment, toujours très tendres, à la nature spéciale de ce combustible qui demande un certain tirage et s'émiette, lui aussi, en perdant son eau de constitution ?

Il semble que le lignite devrait convenir pour la fabrication de la chaux grasse qui emploie des calcaires plus résistants en morceaux aussi gros que possible, dont la calcination est facilitée, comme on le sait, par la présence de la vapeur d'eau.

Minerais de fer. — La *limonite* est le minéral habituel du Sarladais. On la rencontre dans les dépôts tertiaires connus sous le nom de *sables du Périgord* en masses concrétionnées, compactes, terreuses ou ocreuses, en grains pisolithiques ou en rognons, associée

à l'oxyde de manganèse, à des sables vitrifiables et à des argiles réfractaires. Ces dépôts remplissent des fentes ou des poches des terrains secondaires; leur dispersion et leur irrégularité empêchent de les exploiter sur une grande échelle et en dehors de quelques points proches des voies ferrées. C'est ainsi que près de Terrasson les sables blancs ont été utilisés pour les verreries de Penchot et de Brardville, et que près des Eyzies on extrait des kaolins employés par la porcelainerie de Limoges.

Quant aux minières de fer, elles furent activement exploitées autrefois pour les besoins des forges du Périgord qui n'existent plus qu'à l'état de souvenir, ayant été transformées ou démolies, et, en admettant qu'elles retrouvent un regain d'activité à la suite du réveil possible de la métallurgie du Midi, il est certain que leur minerai prendrait, comme celui extrait à Carsac et dans la région de Sauveterre, le chemin des usines fortement organisées des départements voisins, sans qu'il en résulte pour les lignites la consommation sur place qui leur serait nécessaire et qui, jusqu'ici, leur a fait défaut.

DÉBOUCHÉS ET PRIX DE VENTE DES LIGNITES

Si nous nous attachons au lignite proprement dit, en faisant abstraction des sous-produits de sa distillation et des agglomérés de lignite ou de coke, sur la production, l'emploi et la valeur desquels nous ne sommes pas encore suffisamment édifiés, nous concevons, *a priori*, le rayon de vente de ce combustible inférieur comme étroitement limité autour des lieux de production par la double nécessité de ne pas le grever de transports onéreux et d'éviter le contact de charbons concurrents.

Dans la région périgourdine, la population purement

agricole est très clairsemée et le chauffage domestique au bois est la règle, d'autant plus que les hivers n'y sont jamais ni bien rigoureux ni bien longs et que le pays produit et exporte d'excellents bois de feu poussés sur les terrains calcaires. C'est une région de très petite consommation domestique et industrielle, qui sert de champ clos à la concurrence des charbons anglais, du Tarn et de l'Aveyron, et dans laquelle sont pratiqués en temps normal les prix moyens de vente les plus bas de France, la région du Nord qui se trouve dans des conditions toutes particulières étant écartée.

Ce sont là des circonstances générales désavantageuses pour nos lignites dont l'expansion est encore enrayée par le régime des voies de communication et par les tarifs en vigueur.

Il suffit, en effet, de jeter les yeux sur la carte pour être frappé des facilités que donnent à la pénétration des houilles anglaises les trois voies navigables qui rayonnent de la Gironde et qui sont : la Garonne et le Canal latéral, la Dordogne et le canal de Lalinde et l'Isle canalisée. Il est vrai que jusqu'ici la batellerie est restée sans activité sur ces voies, mais la réforme des canaux du Midi pourra modifier cette situation, et, on attendant, la seule éventualité d'une concurrence fluviale a provoqué l'établissement de tarifs réduits de pénétration par fer sur Agen, Lalinde et Périgueux.

La compagnie d'Orléans a prouvé son intelligente sollicitude pour les exploitations naissantes du Sarladais en prêchant d'exemple et en admettant les lignites dans ses mélanges pour locomotives, en même temps qu'elle leur accordait des prix fermes des stations d'embarquement comprises entre Siorac-de-Belvès et Castelnau-Fayrac aux principaux centres de la région. Mais elle ne saurait en rester là, car ces prix fermes, bien que constituant une réelle amélioration sur la situation anté-

rieure, sont encore beaucoup trop élevés eu égard à la qualité du combustible et aux tarifs existant pour les autres provenances, surtout pour celles de Bordeaux.

Quelques exemples le feront nettement ressortir.

PROVENANCES	A LA LINDE		A PÉRIGUEUX	
	Distances	Prix	Distances	Prix
Siorac (Lignites).....	23 kil.	2 ^f ,25	64 kil.	3 ^f ,95
Bordeaux (Anglais).....	118 —	3,50	127 —	3,50
Decazeville....?	184 —	6,50	188 —	5 »

Il est au moins bizarre que les lignites paient 3 fr. 95 pour les 64 kilom. qui les séparent de Périgueux, alors que les charbons anglais ne paient que 3 fr. 50 pour cette même destination avec un parcours double.

Le lignite est vendu, en l'état actuel, au prix moyen de 9 francs sur wagon en gare de départ ; il revient à Périgueux, par exemple, à 13 francs, tandis que les sortes lavées de l'Aveyron pour vapeur, reviennent à 19 francs. L'avantage apparent de 6 francs est illusoire, car, en réalité, le lignite devrait revenir au consommateur 50 p. % meilleur marché que les houilles de Decazeville pour que celui-ci eût un intérêt indéniable à l'adopter malgré les difficultés de son emploi et son faible pouvoir calorifique.

C'est là l'explication de la situation précaire des mines du Sarladais, et cette situation ne prendra fin que lorsque les compagnies de chemins de fer et de mines auront rétabli, par des réductions simultanées des tarifs et du prix de vente, l'équivalence entre le lignite et la houille sur les lieux de consommation.

Les conditions matérielles des exploitations du Sarladais offrent assez d'avantages pour qu'il soit possible

d'obtenir le prix de revient extrêmement réduit de 6 francs par tonne chargée sur wagon en gare de départ, en comprenant dans ce prix 1 fr. à 1 fr. 50 de bénéfice pour l'exploitant. Il suffira pour cela de réformer les errements suivis jusqu'ici, de faire choix d'une méthode d'exploitation rationnelle, d'utiliser judicieusement tous les produits et sous-produits, de supprimer les charrois actuels en raccordant par un moyen quelconque les différents sièges aux rails de l'Orléans.

D'un autre côté, les inconvénients inhérents à la nature même des lignites peuvent être palliés, dans une large mesure, par l'amélioration des produits commerciaux qui ne devraient être livrés aux consommateurs qu'après un déschistage et un séchage convenables, et aussi par de nouvelles réductions des prix de transport que les nécessités de la concurrence et le souci de son propre trafic imposent à la compagnie d'Orléans.

On peut arriver ainsi à donner, au prix de 9 francs, la tonne de lignite rendue chez le consommateur dans un rayon de transport de 3 francs, limite justifiée par sa qualité et par la concurrence, et qui embrasse les confins de la Dordogne, du Lot, du Lot-et-Garonne et de la Gironde, entre Agen, Cahors, Périgueux et Bordeaux.

Il est indiscutable qu'à ce prix les tuileries de la région, les papeteries de la vallée de la Dordogne et de l'Isle et les autres usines productrices de vapeur, pour ne parler que de cet emploi, trouveront un réel avantage à s'outiller en vue de ce combustible et à l'utiliser seul ou en mélange, d'autant mieux qu'il leur faudra perdre tout espoir de revoir de longtemps les houilles aux prix très bas où elles étaient tombées pendant la période qui vient de prendre fin.

Tels qu'ils se comportent, ces débouchés rendent à

peu près certain le placement, pour une faible part dans la consommation domestique et pour la majeure partie dans celle de l'industrie et du chemin de fer, d'un minimum de 40.000 tonnes de lignite par an.

CONCLUSIONS

Il résulte des faits exposés dans cette notice que les tréfonds concédés dans le Sarladais contiennent environ 14 millions de tonnes de lignites et de schistes, que cette évaluation ne fait état ni des gisements déjà signalés en dehors des concessions, ni de ceux dont il est permis de prévoir la découverte sous les terrains de recouvrement et qui constituent la réserve de l'avenir. On peut donc conclure que les lignites ont une valeur industrielle appréciable, c'est-à-dire qu'ils se présentent en abondance suffisante pour être utilement exploités. Il résulte encore des conditions matérielles de leur exploitation et de la situation du marché régional la possibilité d'en produire et d'en écouler, à un prix rémunérateur, environ 40.000 tonnes par an.

Ce tonnage, il est vrai, n'est pas tel qu'il puisse influencer d'une façon appréciable le marché général, mais il est extrêmement intéressant au point de vue régional, et, du reste, son intérêt est susceptible de s'accroître en raison de la découverte vraisemblable de nouveaux gisements et du succès des opérations accessoires, incinération, agglomération, distillation, que nous avons signalées et qui constituent autant de points à étudier et à résoudre.

Nous ne voudrions pas empiéter sur le domaine des solutions et dépasser le cadre de cette notice où devait trouver place la seule exposition des faits ; pourtant,

nous ne pouvons résister au besoin d'exprimer, en terminant, une impression toute personnelle qui porte en soi, croyons-nous, un remède partiel, mais sûr et prompt, à la situation présente des exploitations du Sarladais.

Ce qui nous frappe ici, c'est la dissémination du combustible minéral, réparti entre trop de gisements et trop de mains. Si, en d'autres lieux, l'Etat a pu à juste titre morceler les superficies concédées pour en multiplier la productivité, ici la mesure a été quelque peu dépassée, sans doute parce qu'on ne se faisait pas une idée exacte de la discontinuité des dépôts et que l'on croyait utile la majeure partie des terrains concédés.

Or, ce n'est pas le cas ; chaque exploitation, prise en particulier, ne justifie pas la mise en œuvre des moyens matériels indispensables à sa bonne marche, par exemple son raccordement au réseau ferré ou la construction d'une usine de préparation des produits ; la faiblesse et l'intermittence de son extraction qui demeure à la discrétion d'un incident quelconque, ne sauraient inspirer aux industriels ou au chemin de fer la confiance nécessaire pour modifier leur outillage, passer des marchés importants ou accorder des réductions de tarifs ; enfin son champ n'est pas assez vaste pour la mettre en possession d'une durée normale, élément essentiel qui seul assure à une industrie la récupération de ses dépenses de premier établissement.

Le remède à ces inconvénients réside dans une entente des exploitations, sinon de toutes, puisqu'on devra peut-être considérer à part la concession de La Serre à cause de sa situation un peu excentrique, du moins de celles de la région de Lachapelle. Cette entente paraît singulièrement aisée, car elle pourrait porter seulement sur deux objets précis, une usine

centrale et les moyens de transport en commun. Or, l'usine n'existe-t-elle pas déjà à Merle, au centre des gisements et à 3.500 mètres à vol d'oiseau de la voie ferrée ? L'usine une fois outillée, il s'agirait, en fin de compte, de 3 à 4 kilomètres de chemins de fer à établir sur les routes existantes pour la relier à tous les sièges et de 3.500 mètres de câble aérien pour transporter tous les produits de l'usine à la station de Saint-Vincent-Bézenac, par-dessus le ravin d'Envaux et la Dordogne.

Telles sont les réflexions que nous ont suggérées les lignites du Sarladais. Nous les livrons aux personnes compétentes pour qu'elles les mettent au point et nous nourrissons l'espoir qu'elles en tireront des conséquences utiles pour le développement de l'industrie périgourdine.

NOTE

SUR LE

PROLONGEMENT DU BASSIN HOUILLER

au Sud de la Concession de Liévin

Par M. A. SIMON,

Ingénieur principal aux mines de Liévin.

La Société de Liévin a fait tout récemment, dans la région du sud de sa concession, des travaux d'exploration qui ont eu pour résultat de montrer que le terrain houiller exploitable s'étend au-delà de la partie concédée et à une profondeur abordable par les méthodes actuelles d'exploitation.

Le Comité de l'Industrie Minérale a pensé que l'exposé de ces recherches aurait quelque intérêt, et, sur sa demande, M. Viala m'a chargé d'en dire quelques mots.

Je voudrais d'abord rappeler quelles étaient, avant nos découvertes, les données acquises sur la géologie du sud du bassin.

En supposant le terrain crétacé enlevé, la concession de Liévin montre un immense manteau de terrains primaires anciens, recouvrant le houiller qui n'affleure que dans la région septentrionale et sur une étendue représentant un dixième environ de la surface totale.

Grâce à de nombreux sondages, on a pu délimiter d'une façon assez précise la limite nord *a b c* de l'affleurement au tourtia de ces terrains anciens (Pl. VIII, Fig. 1). Les sondages voisins de cette ligne ont généralement rencontré des schistes gris-bleuâtre ; plus au sud, ils

ont trouvé des schistes rouges, appelés schistes dévonien, longtemps considérés comme négatifs.

Parmi les sondages, nous mentionnerons deux des plus intéressants qui ont complètement franchi les terrains primaires anciens :

1° *A l'Ouest*, le sondage n° 1628 a trouvé en dessous du crétacé, entre 140 mètres et 203^m,95, un terrain formé de schistes bariolés, rouges, verts, dont la couleur dominante est le rouge, et de grès verdâtres à la base. Cette assise appartient au système dévonien, étage gédinnien ; de 203^m,95 à 309^m,53, il a traversé un terrain formé de schistes gris-bleuâtre, calcareux ; ce massif de 105 mètres avait été attribué au houiller inférieur, zone à productus ; enfin à 309^m,53, il est entré dans le terrain houiller exploitable.

2° *Dans l'Est* de la concession, le sondage n° 1630 a rencontré 77 mètres de gédinnien et 111 mètres de terrain supposé houiller inférieur, enfin le houiller proprement dit.

En dehors de la concession, à l'ouest, le sondage n° 417 des mines de Béthune, à l'est le sondage n° 2010 de la C^{ie} de Drocourt, ont traversé des terrains tout à fait semblables à ceux des forages de Liévin (PL. VIII, FIG. 2).

Voici comment M. Gosselet explique la présence de ces terrains anciens au-dessus du houiller (1).

(1) Pour l'étude du bassin franco-belge, on consultera avec intérêt les ouvrages suivants :

L'Ardenne, de M. Gosselet.

L'Esquisse géologique du nord de la France, par M. Gosselet.

L'Etude stratigraphique du terrain houiller d'Auchy-au-Bois, par M. Breton.

L'étude des gîtes minéraux de la France (bassin du Nord et bassin du Pas-de-Calais), par MM. Olry et Soubeiran.

On sait que les deux bassins carbonifères, celui de Namur correspondant au Pas-de-Calais, celui de Dinant correspondant au bassin d'Aulnoye-Doullens, sont séparés, dès le commencement de l'époque primaire, par la crête silurienne du Condros. Cette crête, qui affleure dans l'Est de la Belgique, s'est affaissée en France où elle est recouverte par des terrains plus récents.

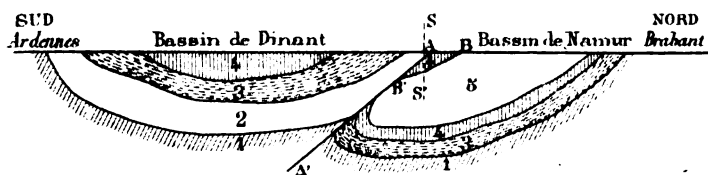
Il est établi que le gédinnien n'existe pas dans le bassin de Namur. On en déduit, avec raison, que le gédinnien de nos sondages appartient au bassin de Dinant.

Au contraire, le terrain gris-bleuâtre assimilé au houiller inférieur, plus récent que le dévonien, était considéré comme un fragment renversé du bassin de Namur.

La grande faille du Sud appelée aussi faille eifelienne sépare le gédinnien du houiller inférieur (Fig. 1 ci-après).

La faille-limite sépare le houiller supérieur du houiller exploitable.

Fig. 1 — Coupe théorique d'après M^r Gosselet



1, silurien ; 2, gédinnien ; 3, dévonien supérieur ;

4, calcaire carbonifère et houiller inférieur ;

5, houiller exploitable ;

AA', grande faille du Sud séparant les deux bassins ;

BB' faille-limite ;

ABB' lambeau de poussée, fragment renversé et charrié du Bassin de Namur ;

SS' position des sondages de Liévin.

La grande pression tangentielle du Sud, que M. Gosselet a appelée « le Ridement du Hainaut » a eu pour effet de transporter le flanc nord du bassin de Dinant sur le bassin de Namur.

Les couches de ce dernier ont été redressées, retournées et des lambeaux de sa partie inférieure ont été entraînés le long de la grande faille du Sud.

Une explication analogue a été donnée par M. Breton, dans le travail qu'il a publié en 1877 sur la concession d'Auchy-au-Bois, où le lambeau de poussée est formé de dévonien supérieur et de calcaire.

Voilà le côté géologique de la question. Mais ce qui intéresse surtout les exploitants, c'est l'inclinaison de la faille-limite. L'angle qu'elle fait avec l'horizon a été trouvé à Courcelles-les-Lens de 30 degrés, à Drocourt et à Liévin de 14 à 50 degrés.

En admettant pour Liévin la circonstance la plus favorable, c'est-à-dire 14 degrés, on arrivait à cette conclusion peu encourageante que le terrain houiller exploitable ne serait rencontré qu'à 1.000 mètres environ au Sud de la concession et on s'explique que les ingénieurs n'aient pas été empressés de porter les travaux vers cette région. Il faut observer du reste que les explorations aux étages supérieurs ne pouvaient donner de résultats bien intéressants ; on se réservait toutefois de faire ces recherches aux étages inférieurs.

Travaux à l'étage de 476 mètres. — C'est le siège n°1, le plus ancien, où les travaux sont le plus développés, qui était naturellement désigné pour ces recherches. Elles furent entreprises par la bowette Sud du niveau de 476 mètres. Les travaux d'exploitation de Du Souich et Alfred en place étaient arrivés à 500 mètres du puits (PL. VIII, FIG. 3). Plus au Sud, on avait trouvé, en creusant la bowette, des terrains fort tourmentés qui

semblaient indiquer l'approche des terrains renversés souvent peu exploitables. Néanmoins, en 1896, on reprit l'avancement de la galerie.

A 1.100 mètres du puits, on rencontra la veine Léonard en place qu'on suivit sur une longueur de 300 mètres et qui se montra fort régulière. Cette veine a été recoupée dans le puits à 500 mètres de profondeur. Sa présence au Sud, à un niveau plus élevé, indiquait un relèvement des terrains en place. C'était un fait important qui nous encouragea à poursuivre avec rapidité notre marche vers le midi.

Après avoir rencontré encore quelques couches en place, on traversa une masse de charbon de 14 mètres d'épaisseur, puis une série de veines renversées, et enfin, à 2.125 mètres du puits et à 1.600 mètres sous le recouvrement dévonien, on rencontra l'accident qu'on supposait être la faille-limite.

La galerie pénétra alors dans des roches toutes différentes de celles du houiller. C'est d'abord, sur une longueur de 25 mètres, un mélange de schistes rouges ou verts, avec des grès gris-verdâtre. Ce terrain paraît très disloqué, c'est sans nul doute un terrain transporté resté dans les lèvres de la faille ; on n'y trouve ni fossiles ni stratification. C'est ensuite un massif plus important formé de schistes gris-bleuâtre, parfois noirâtres, faiblement calcaires en général, légèrement pyriteux, mais enfermant des injections de calcite et parfois une agglomération de lentilles de calcaire. Les strates montrent une inclinaison de 20 degrés qui a progressivement diminué jusqu'à 10 degrés. L'avancement de la galerie a été suspendu à 90 mètres de la faille et à 94 mètres de la limite sud de la concession.

Il n'y avait plus d'espoir de trouver du terrain houiller au niveau de 476 mètres, on décida de se porter à un niveau inférieur. On creusa à cet effet, en descendant,

un puits intérieur ou beurtia placé à l'extrémité sud de la bowette. Il avait à peine traversé 12 mètres des schistes gris désignés ci-dessus qu'il pénétra dans le terrain houiller. A la traversée du grand accident, on n'avait pas trouvé le lambeau de terrain rouge signalé dans la galerie.

La trace de la faille était ainsi connue en deux points éloignés de 80 mètres qui reliés entre eux donnent une ligne inclinée de $7^{\circ},15$ vers le sud.

D'un autre côté, si l'on joint le point où la galerie horizontale a quitté le terrain houiller au point d'affleurement de la faille au tourtia, on constate que l'inclinaison est de 11 degrés.

Nous avons vu que dans le voisinage du tourtia, elle a toujours été d'au moins 14 degrés.

Nous étions donc fondés à admettre que *sur la ligne de coupe* passant par le puits n° 1, la faille d'abord inclinée de 15 à 20 degrés environ se rapproche graduellement de l'inclinaison de $7^{\circ},15$ constatée au niveau de 476 mètres. L'angle de la faille avec l'horizon diminue, en ce point, progressivement avec l'augmentation de la profondeur. C'est là un fait nouveau pour le bassin du Pas-de-Calais, et heureux pour la Société de Liévin.

Au pied du beurtia de 100 mètres de profondeur, au niveau de 570 mètres environ, on lança une nouvelle galerie vers le sud. Elle sortit de la concession, rencontra deux couches exploitables mais irrégulières, composées de charbon contenant 30 à 32 pour cent de matières volatiles, c'est-à-dire semblable à celui du gisement du nord de la concession. La galerie a aujourd'hui une longueur de 450 mètres et poursuit sa marche dans le terrain houiller. Quand elle atteindra la grande faille, nous aurons une nouvelle donnée sur la pente de celle-ci. On peut dès maintenant affirmer que

cette inclinaison est, entre les niveaux de 476 mètres et 570 mètres, inférieure à 11 degrés.

Travaux au niveau de 430 mètres. — En même temps que s'effectuaient les travaux dont je viens de parler, on creusait au niveau de 430 mètres une galerie parallèle à la bowette sud de 476. Ici aussi on a fait des constatations importantes (Pl. VIII, Fig. 3).

Cette galerie, en effet, avait rencontré le crochon de la veine Edouard à 470 mètres du puits, puis elle était restée dans les terrains renversés pendant 670 mètres. A 1130 mètres du puits, par suite d'un relèvement important correspondant à celui qui a ramené Léonard au niveau de 476, on s'est de nouveau trouvé dans les terrains en place. La veine Du Souich en position normale était recoupée et on ne tarda pas à voir la formation de son crochon. Un peu plus loin, la galerie atteignait Alfred en place.

Une conséquence importante se déduit de cette exploration. Examinons la coupe d'ensemble et relations entre eux, en descendant, tous les crochons des veines.

La ligne qui relie Louis à Eugène est inclinée de 22°;

La ligne qui relie Eugène à François est inclinée de 16°;

La ligne qui relie François à Edouard est inclinée de 12°;

La ligne qui relie Edouard à Du Souich est horizontale.

La ligne d'ensemble ainsi formée a une allure analogue à celle de la faille et plus accentuée encore dans le sens du relèvement au sud.

En résumé, soulèvement des terrains en place dans la région du Sud, diminution de l'inclinaison de la faille-

limite, tels étaient les phénomènes importants révélés par ces travaux.

Déterminations géologiques. — Les schistes gris-bleuâtre rencontrés à la bowette Sud de 476, étaient tellement semblables au terrain gris de nos sondages, que nous n'avions aucun doute sur leur nature commune et nous pensions que nous avions traversé la faille-limite pour entrer dans le lambeau de poussée formé de houiller inférieur.

Néanmoins comme les fossiles étaient assez abondants dans certains bancs, nous avons voulu profiter de l'occasion pour fixer, d'une façon plus précise, la faune de ce houiller inférieur. Les échantillons furent envoyés à M. Gosselet qui chargea M. Charles Barrois de l'étude des fossiles. Notre surprise fut grande quand, après un examen long et minutieux, M. Barrois nous annonça qu'il n'avait trouvé aucun fossile carbonifère et que nous étions dans le silurien supérieur, Etage de Wenlock (pays de Galles). Voici la note qu'il a publiée à ce sujet dans les Annales de la Société géologique du Nord, séance du 10 juillet 1898.

« L'abondance dans ce gisement de *Atrypa reticularis*, Lin, forme si répandue dans le dévonien supérieur du Boulonnais, la présence en outre de quelques *Orthis* à affinités dévoniennes, m'avaient porté dès l'abord à rechercher dans la série dévonienne, la position systématique de cette faune.

« Toutefois je fus bientôt arrêté. Il me fut impossible de reconnaître dans les faunes dévoniennes, assez bien connues, du Boulonnais et de l'Ardenne, une petite espèce de Brachiopode, très répandue dans ce gisement. Elle forme certains lits à elle seule et se trouve ainsi l'espèce la plus caractéristique de ce niveau, par son abondance, comme par certains traits génériques sail-

lants. Son importance me décida à en dégager soigneusement quelques échantillons, et il me fut possible, avec quelque patience, d'en obtenir quelques individus complets, bivalves, et de préparer les appareils internes de certains autres. Toutes les parties de la coquille étant ainsi connues, elle me parut identique à une petite espèce, très répandue dans les couches de Wenlock en Angleterre, et dans l'étage E de Bohême, la *Dayia navicula* (1) caractéristique du silurien supérieur.

« *Dayia navicula* était accompagnée dans le silurien de Wenlock par *Atrypa reticularis* ; la présence de cette dernière espèce, bien que jusqu'ici limitée en France au dévonien, ne saurait suffire à autoriser le classement du calcaire de Liévin dans le dévonien.

« D'ailleurs d'autres fossiles trouvés à Liévin, en compagnie de *Dayia navicula* et *Atrypa reticularis*, quoique moins nombreux et moins bien conservés que ceux-ci, sont venus confirmer la détermination d'âge fournie par *D. navicula*.

« Ce sont des *Orthocères*, toujours si répandus dans le terrain silurien supérieur, des tiges d'encrines, et les Brachiopodes suivants :

« *Discina rugata*, Sown, in Davidson (PL. V, FIG. 17).

« *Orthis elegantula*, Dalm, ou une forme très voisine (Barrande, PL. 65).

« *Strophomena* du groupe de *corrugatella*, Davidson.

« Des débris de Tribolites, malheureusement plus rares et assez incomplets, sont venus confirmer l'attribution de cette faune au terrain silurien supérieur :

« *Calymene Blumenbachii*, Brongn. (2 queues).

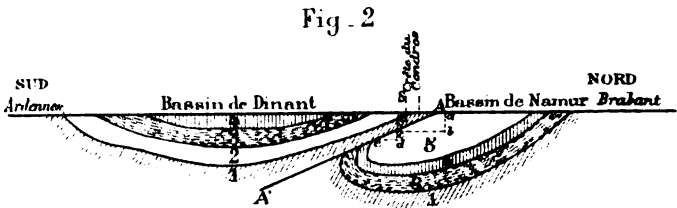
« *Acaste Downingiæ*, Murch (2 glabelles, 3 queues).

(1) Sowerby, in Davidson, Brit. Brach (PL. XVII et XXII, FIG. 20, 23, p. 190).

« L'existence de la faune de Wenlock dans le Pas-de-Calais me paraît établie suffisamment, par cet ensemble de faunes. »

La conclusion immédiate à tirer de cette détermination, c'est que le lambeau de poussée n'existe pas au Sud de notre puits n° 1, que ce n'est pas la faille-limite que nous avons traversée, mais bien la grande faille du Sud ; que notre houiller exploitable était simplement surmonté de la crête silurienne du Condros supportant le bord septentrional du bassin de Dinant.

La coupe théorique que nous avons donnée ci-dessus (Fig. 1, page 779) doit être modifiée comme suit, au moins en ce qui concerne le sud de Liévin (Fig. 2).



- 1, silurien ; 2, gédinnien ; 3, dévonien supérieur ;
- 4, calcaire carbonifère et houiller inférieur ;
- 5, houiller exploitable ;
- AA' grande faille du Sud ;
- SS' position des sondages ;
- a b, puits n° 1 de Liévin ;
- b, c, d, e, galeries de recherches.

L'absence du lambeau de poussée sur la méridienne du n° 1 était-elle un phénomène local ? Nous étions portés à croire le contraire à cause de l'analogie du terrain silurien avec le houiller inférieur des sondages. Une circonstance favorable nous permit de lever le doute.

Nous avons conservé une carotte du sondage de Méricourt n° 1630, extraite à la profondeur de 274

mètres en plein massif du schiste gris-bleuâtre. Nous envoyâmes les débris de la carotte à M. Charles Barrois.

Les fossiles étaient naturellement moins nombreux, moins bien conservés que ceux de la galerie. Néanmoins, après une étude assez longue, M. Barrois nous envoya des conclusions fort intéressantes encore :

Pas de fossiles carbonifères.

Les fossiles reconnus ne sont pas les mêmes que ceux de la bowette du n° 1. Voici ceux qui ont pu être déterminés :

Tentaculites ornatus, Sown (très important).

Primitia jonesii, de Kon.

Schizodus.

Spirifer mercuri, goss.

Lingula Lewisii, Sow.

Orthis lunata, David.

Strophomena semiglobosa ? Dav.

Rhynchonella deflexa ? Sow.

Rhynchonella Portlandica ? Hasw.

Le tentaculites, très caractéristique, est un ptéropode de haute mer qui n'existe que dans le silurien supérieur et le dévonien inférieur. Comme dans le dévonien inférieur de la Belgique, on ne trouve pas de roche semblable à celle de Liévin, et d'un autre côté M. Malaise a signalé une roche à tentaculites dans le silurien supérieur du Condros, M. Barrois place la roche du sondage dans le silurien supérieur, à un niveau voisin et un peu plus élevé que celui de la bowette sud.

Les données stratigraphiques sont d'accord avec la paléontologie : en effet, notre galerie était entrée dans la base du massif silurien, tandis que la carotte de sondage provient du milieu de ce massif (Pl. VIII, Fig. 3).

Le terrain gris du sondage n° 1628 de Bully a exactement le même aspect que ceux de la bowette sud et du sondage n° 1630 de Méricourt. Nous pouvons en dire autant des sondages n° 417 et 2010 de Béthune et de Drocourt.

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude complète de la faune des terrains gris rencontrés au puits n° 1 de Drocourt et au puits de Courcelles-les-Lens. Mais les descriptions qui ont été faites (1) de ces terrains nous portent à croire que là aussi on se trouve dans la formation silurienne.

C'est aussi l'avis de M. Ch. Barrois. Il classe sans hésitation dans le silurien tous les fossiles qui existent dans la collection de la Faculté de Lille et qui proviennent des schistes gris calcaireux des sondages du sud de Lens et environs.

Ces collections ne renferment pas de documents permettant de voir, dans la région du Sud comprise entre Courcelles et Bruay, d'autres terrains que le gédinnien et le silurien.

Le houiller inférieur, zone à *Productus carbonarius*, n'est reconnu qu'à Carvin au fond du bassin, et à la base des couches en place d'Auchy-au-Bois.

Rappelons cependant que le lambeau de poussée a été constaté à Auchy-au-Bois par M. Breton. Le puits n° 3 a traversé un terrain dont la faune est analogue à celle du calcaire carbonifère de Tournay. Des sondages ont découvert le dévonien supérieur et les schistes à phtanites.

Il resterait à déterminer le terrain rouge et verdâtre rencontré par notre galerie n° 1. Malheureusement

(1) Industrie minière, année 1883, page 545. Note sur le creusement du puits n° 1 de Drocourt par M. Delmiche.

M. Soubeiran. Bassin houiller du Pas-de-Calais, tome I..

cette roche ne renferme pas de fossiles. Elle ressemble comme aspect au gédinnien, mais nous ne pouvons pas affirmer que cette assimilation soit certaine.

Nous croyons aussi devoir insister sur ce point, c'est que la formation silurienne dont nous avons parlé renferme un calcaire qui peut être confondu avec le calcaire carbonifère et qui est fétide comme lui.

Cela conduit à faire quelques réserves sur les résultats des sondages qui donnent, sans preuve certaine, l'indication : calcaire carbonifère.

Avant de terminer nous dirons quelques mots sur l'exécution matérielle des recherches du n° 1. Elles n'ont été possibles que grâce au secours de l'air comprimé.

Les galeries ont été garnies de cadres en fer sur la plus grande partie de la longueur. Leur section utile est de 6 mètres carrés. Le puits intérieur a 3^m, 25 de diamètre, il est maçonné sur toute la hauteur et muni de deux cages guidées à une berline. Un moteur de vingt chevaux mû par l'air comprimé, élève au niveau de 476, les produits de la galerie inférieure. L'aérage est effectué par un ventilateur à air comprimé, ayant un diamètre de 650^m/^m, faisant 500 tours à la minute et soufflant l'air frais dans deux tuyaux circulaires en tôle galvanisée de 0^m,60 de diamètre. Il arrivait encore au front de la galerie, après un parcours de 1.750 mètres, un volume de 0^m³,750 par seconde. Ce volume était nécessaire, le gisement étant grisouteux.

L'absence complète d'eau a facilité l'exécution du travail.

Nous devons de vifs remerciements à M. Ch. Barrois, le distingué professeur de l'Université de Lille, l'auteur

des déterminations paléontologiques indiquées ci-dessus. Par ses patientes recherches, il est arrivé à faire faire un pas sérieux à la géologie du Sud de notre bassin et il a rendu un signalé service à l'industrie des mines de notre région.

La communication ci-dessus a été faite à la réunion du District du Nord de l'Industrie Minérale, le 11 décembre 1898.

Peu de temps après, M. Ch. Barrois a eu l'occasion d'étudier le terrain gris calcareux rencontré par le puits n° 1 de Courcelles-les-Lens en dessous du crétacé, à 143 mètres de profondeur, et qui s'étend jusqu'à la rencontre, à 228 mètres, du houiller exploitable. Ce terrain gris avait été attribué, jusqu'à présent, au houiller inférieur et on pensait qu'il faisait partie du lambeau de poussée. M. Ch. Barrois y a trouvé la faune du silurien supérieur de Liévin. A Courcelles comme à Liévin, le lambeau de poussée n'existe pas, le silurien repose directement sur le houiller exploitable.

D'un autre côté, M. Ch. Barrois a étudié tout récemment les échantillons du terrain gris-bleu rencontré par les puits de Drocourt, entre le crétacé et le houiller exploitable. On sait que ces puits sont situés entre les concessions de Liévin et de Courcelles. Malheureusement l'étude n'a pu être complète à cause de la mauvaise conservation des fossiles.

Au puits n° 1, on trouve : Orthocères, Ctenodonta, Encrines, Monticulipora, Orthis.

Au puits n° 2 : Orthis, Encrines, Spirifer, Atrypa, Pachypora.

M. Barrois pense que tous ces fossiles appartiennent à la faune de Liévin, mais sans pouvoir se prononcer avec certitude.

L'existence d'une nappe continue de silurien au midi du bassin du Pas-de-Calais, entre Courcelles-les-Lens et Bully-Grenay est donc, à bien peu de chose près, une certitude.

Les sondages qui sont actuellement en activité au sud des concessions de Nœux et de Bruay, nous diront bientôt si la formation silurienne existe aussi dans l'Ouest du bassin.

Liévin, le 13 janvier 1899 .

NOTE

sur

UNE CONDUITE D'EAU

Etablie par la Société Electro-Métallurgique Française

A La Praz, près Modane,

Par M. A. LAPONCHE, ingénieur des Arts et Manufactures.

La Société électrométallurgique française a établi à La Praz, près de Modane, une importante usine pour la fabrication de l'aluminium et de divers autres produits par l'électrolyse ; cette usine emprunte sa force motrice à la rivière l'Arc, au moyen de deux conduites qui amènent l'eau aux turbines actionnant les dynamos.

La conduite établie en dernier lieu a une longueur de 1.000 mètres et un diamètre de 2^m,400 ; elle utilise une chute de 72 mètres ; le débit de la conduite est de 12,5 mètres cubes par seconde ; cette conduite amène donc à l'usine une puissance de 9.000 chevaux hydrauliques (1).

La conduite est établie sur la rive droite de l'Arc tandis que l'usine est bâtie sur la rive gauche ; on a donc été obligé de traverser la rivière pour arriver jusqu'aux collecteurs des turbines. Au voisinage de

(1) Certains hydrauliciens ont adopté la dénomination de cheval hydraulique pour désigner une fraction égale à 100 kilogrammètres par seconde de la puissance brute de la chute. En comptant sur un rendement de 75 p. % des appareils, le cheval hydraulique ainsi défini correspond à un cheval de 75 kilogrammètres par seconde disponible sur l'arbre des turbines.

l'usine, la rivière a une largeur d'environ 50 mètres. M. Heroult, directeur de l'Usine de La Praz, a proposé de franchir cette distance au moyen d'une tubulure à fibre moyenne circulaire et de même diamètre que le reste de la conduite, sans aucun support intermédiaire, ni aucune armature.

M. Seyrig et M. Rateau, consultés à ce sujet, approuvèrent l'idée de M. Heroult et voulurent bien donner les indications techniques nécessaires pour l'établissement des grandes lignes du projet. Après une étude approfondie de la question, la Maison Biérix, Nicolet et C^{ie} et la maison veuve Broyet de Saint-Etienne ont entrepris la construction de la conduite. Les ateliers Broyet ont construit la partie amont, tandis que MM. Biérix, Nicolet et C^{ie} se chargeaient de l'exécution de la partie aval et de l'arc qu'elle comporte.

La conduite mise en charge au mois de janvier 1898 n'a pas eu le moindre accident, ce qui confirme les prévisions des Ingénieurs qui ont calculé cet intéressant ouvrage.

La construction de la conduite, en dehors de la traversée de l'Arc, ne présente rien de particulier, je n'y insisterai pas. Je me propose simplement d'étudier la traversée de la rivière : la photographie reproduite (PL. IX, FIG. 2) prise pendant le montage, représente cette portion de la conduite. La photographie (FIG. 3) a été prise la conduite étant en charge.

La portée entre les culées est de 50 mètres exactement. L'arc qui franchit la rivière est à fibre moyenne circulaire décrite avec un rayon de 100 mètres. Le diamètre intérieur du tuyau est de 2^m,400. La charge d'eau au-dessus des culées est de 68 mètres ; les viroles sont en tôle d'acier de 15 millimètres d'épaisseur ; toutefois les deux premières viroles de chaque côté ont une épaisseur de 16 millimètres.

L'arc peut être considéré comme rigoureusement encastré à ses deux extrémités ; il est en effet reçu dans deux fortes culées en maçonnerie ; la partie de conduite qui repose sur ces maçonneries est munie de cornières disposées de mètre en mètre et qui empêchent tout déplacement des naissances ; d'ailleurs la conduite se prolonge de part et d'autre des naissances et on peut dire qu'elle est encastrée dans ses prolongements (1).

Calcul de la flèche de l'arc. — La flèche se déduit de la portée l et du rayon R par la formule :

$$h = R - \sqrt{R^2 - \frac{l^2}{4}} = 100 - \sqrt{10.000 - 625} = 3^m,18$$

Le surbaissement de l'arc est donc égal à

$$\frac{3,18}{50} = \frac{1}{15,7}$$

Vérification de la Résistance de l'arc. — Les forces élastiques développées dans le métal résultent de quatre causes :

- 1° Les pressions hydrostatiques produites par l'eau en charge ;
- 2° Le poids de la conduite et de l'eau qu'elle contient ;
- 3° Les dilatations ou contractions provenant des variations de température ;
- 4° Les efforts produits par le vent.

(1) Pour augmenter la sécurité, sur les conseils de M. Seyrig, MM. Biérix et Nicolet avaient proposé d'interposer aux naissances, entre la conduite et les culées, de fortes consoles en tôle destinées à reporter sur le parement vertical des culées la poussée horizontale de la conduite. Sur les instances de M. Heroult, cette solution fut abandonnée et la conduite fut simplement reçue dans les culées en maçonnerie sans interposition de consoles.

Il n'y a pas lieu de faire intervenir l'action du vent, car l'arc placé à un coude de la rivière a sa fibre moyenne située dans un plan sensiblement parallèle à la direction de la vallée très resserrée à cet endroit ; il n'est donc pas soumis à l'action du vent.

L'influence de la température est également négligeable. En effet, la température de l'eau qui circule dans la conduite varie très peu et, d'autre part, le montage a été fait en automne à un moment où la température extérieure était sensiblement égale à la température moyenne de l'eau.

I. — FORCES ÉLASTIQUES RÉSULTANT DES PRESSIONS HYDROSTATIQUES.

La pression intérieure est de 6^k800 par cm^2 , il en résulte que les forces élastiques développées dans le métal par m/m^2 suivant une section longitudinale, ont pour expression :

$$f = \frac{6,8 \times 240}{2 \times 1,5 \times 10^2} = 5^k,450$$

II. — FORCES ÉLASTIQUES PRODUITES PAR LA PESANTEUR.

La charge qui agit par mètre courant d'arc comprend :

$$1^\circ \text{ Le poids du métal } \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \times 1^m,000 \times 7.800^k = 900^k \text{ environ.}$$

$$2^\circ \text{ Le poids de l'eau } \frac{\pi d^2}{4} \times 1^m,000 \times 1.000^k = 4500^k \text{ environ.}$$

La charge par mètre courant d'arc est donc 5400^k environ.

La charge, rapportée au mètre courant de la corde de l'arc, varie entre 5400^k (à la clé) et $5400 \frac{1}{\cos 14^\circ 30'}$ (aux naissances), c'est-à-dire entre 5400^k et 5575^k .

On ne commet pas une erreur sensible en supposant que la charge par mètre courant de corde est constante. D'ailleurs, pour tenir compte de la petite erreur commise en faisant cette hypothèse, pour tenir compte également du poids des têtes de rivets et du recouvrement des tôles, j'admettrai que la charge uniforme par mètre courant de corde est de 5.700 kilos, chiffre dans tous les cas supérieur à la charge effective.

Les forces élastiques résultant de l'action de la pesanteur peuvent être évaluées par leurs composantes suivant la normale et suivant la tangente à la fibre moyenne.

Ces composantes se déduisent de la connaissance des quatre quantités suivantes : *compression* (ou extension) de la fibre moyenne, *effort tranchant*, *moment de flexion*, *moment de torsion*.

Dans une section normale à la fibre moyenne et de section Ω , pour une fibre située à la distance v de la fibre moyenne, la composante des forces élastiques, normale à la section, a pour expression :

$$n = \frac{M v}{I} + \frac{N}{\Omega}$$

M désignant le moment de flexion pour le centre de gravité de la section, N la compression de la fibre moyenne, I le moment d'inertie de la section. Dans une section donnée, le moment de flexion est maximum pour la fibre d'intrados ou d'extrados ; il n'y a donc lieu d'envisager que ces deux fibres.

L'expression de N peut d'ailleurs se simplifier en introduisant la notion des *points réciproques*.

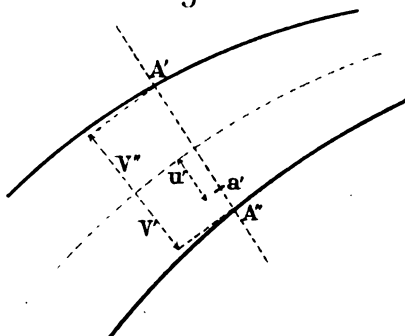
Etant donnée (Fig. 1 ci-après) une section $A'A'$ on appelle *point réciproque de la fibre d'intrados* de cette section un point a' situé à une distance u' de la fibre moyenne telle que :

$$u'v' = r^2$$

r^2 désignant le carré du rayon de giration de la section. De même le point réciproque de la fibre d'extrados est défini par la relation

$$u''v'' = r^2$$

Fig. - 1



Si on désigne par M' et M'' les moments des forces agissant sur l'arc pris par rapport aux points réciproques, on obtient les forces élastiques développées dans les fibres d'intrados et d'extrados par les formules :

$$\left\{ \begin{array}{l} n' = \frac{M' v'}{I} \\ n'' = \frac{M'' v''}{I} \end{array} \right.$$

La composante tangentielle des forces élastiques se compose de deux parties :

1° Celle provenant de l'effort tranchant T qui a pour expression :

$$t_1 = \frac{T}{\Omega}$$

2° Celle provenant du moment de torsion M , qui a pour valeur :

$$t'_2 = \frac{M_1 v}{I_p}$$

I_p désignant le moment d'inertie polaire de la section. Mais le moment de torsion est nul dans le cas qui nous occupe, puisque toutes les forces agissantes sont situées dans le plan de la fibre moyenne de l'arc ; donc $t'_2 = 0$.

En résumé, pour connaître les forces élastiques on est conduit à déterminer les moments de flexion par rapport aux points réciproques, l'effort tranchant et la compression de la fibre moyenne.

Les moments de flexion résultent, comme nous le verrons plus loin, de la connaissance de la poussée et du polygone des pressions.

Calcul de la poussée. — Pour un arc encastré à ses deux extrémités, la poussée Q est donnée par la formule :

$$Q = \frac{\int_a^b (M y + r^2 S_x) \frac{ds}{I}}{\int_a^b (y^2 + r^2) \frac{ds}{I}}$$

dans laquelle M désigne, pour tout point G (Fig. 2 ci-après) de la fibre moyenne de l'arc, le moment de flexion produit en ce point par les forces données, S_x désigne la somme des projections horizontales des forces situées à gauche de chaque point G ; y désigne l'ordonnée du point G comptée depuis la ligne de fermeture de l'arc (1),

(1) La ligne de fermeture de l'arc est déterminée par la condition que des forces fictives égales à $y \frac{ds}{I}$ sont en équilibre. Or I est constant et si on appelle dx la projection horizontale de ds on a : $dx = ds \cos \theta$. θ varie de 0° à $14^\circ,30'$; donc $\cos \theta$ varie de 1 à 0,97. En commettant une erreur maxima de 3% nous pouvons admettre que $dx = ds$ et nous sommes rame-

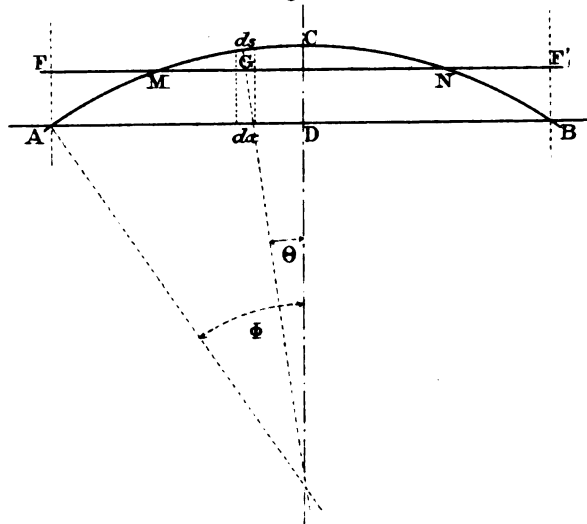
ds désigne l'élément infiniment petit de la ligne de fermeture de l'arc qui comprend le point G.

Comme l'arc est soumis seulement à l'action de forces verticales on a :

$$S_x = 0$$

Supposons que les forces appliquées à l'arc se réduisent à un poids P égal à l'unité, divisons l'arc en un nombre fini de parties égales à Δs ; comme I est constant on a approximativement :

Fig. 2



nécessaire à construire une ligne telle que les forces $y dx$ soient en équilibre. La ligne de fermeture de l'arc est donc une ligne telle que

$$\text{Aire AFM} + \text{Aire BF'N} = \text{Aire MCN}$$

ou bien :

$$\text{Aire AFF'B} = \text{Aire AMCNB}$$

c'est-à-dire :

$$AF \times AB = \left(\frac{\pi \Phi}{180} - \sin \Phi \right) \frac{R^2}{2} = 95 \text{ m}^2,$$

d'où

$$AF = \frac{95}{50} = 1 \text{ m}, 90.$$

$$Q = \frac{\sum_A^B M y}{\sum_A^B (y^2 + r^2)}$$

Le numérateur de cette expression représente la somme des moments produits au point d'application du poids $P = 1$ par des forces verticales y appliquées aux pieds des ordonnées y des différents points de division. Cette somme de moments a été déterminée sur l'épure (PL. IX, Fig. 1) en construisant le polygone funiculaire AM des forces y avec une distance polaire $\alpha_1 A$ égale à la flèche CD de l'arc.

En désignant par ϵ l'ordonnée de ce polygone funiculaire qui correspond au point d'application du poids $P = 1$ on a :

$$\sum_A^B M.y. = \epsilon \times CD.$$

Quant au dénominateur de l'expression qui donne la poussée, on peut l'écrire :

$$\sum_A^B (y^2 + r^2) = \sum_A^B Y.Y$$

en désignant par Y les ordonnées d'une courbe que l'on peut appeler *transformée de la fibre moyenne* et qui se déduit de celle-ci par la relation :

$$Y^2 = y^2 + r^2$$

Le dénominateur de la fraction qui exprime la poussée est donc une constante qui représente la somme des moments par rapport à l'axe des x (ligne de fermeture de l'arc) de forces horizontales égales aux ordonnées Y de la transformée appliquées aux points correspondants de cette transformée. Cette somme de moments a été déterminée sur l'épure par la construction du polygone funiculaire $\Omega_2 R_1 R_2 R_3$ de la moitié

des forces Y avec une distance polaire $\Omega_2 P$ égale à la flèche CD de l'arc. En désignant par λ la portion mn de l'axe des x comprise entre le dernier côté de ce polygone funiculaire et la verticale de la clé on a :

$$\sum_A^B (y^2 + r^2) = \sum_A^B Y.Y = 2\lambda \times CD$$

La poussée peut donc s'écrire finalement :

$$Q = \frac{\tau \times CD}{2\lambda \times CD} = \tau \times \frac{1}{2\lambda}$$

Si au lieu d'une seule force $P = I$ on a une série de forces $P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$ appliquées à l'arc, on aura :

$$Q = \frac{I}{2\lambda} \sum P_i \tau_i$$

La courbe dont les ordonnées τ permettent de déterminer la poussée s'appelle la *ligne de poussée* de l'arc.

Cette ligne étant déterminée une fois pour toutes, on peut calculer la poussée produite par un système de forces quelconques (1).

Dans le cas particulier qui nous occupe les charges P ont une valeur constante et on peut écrire :

$$Q = \frac{P}{2\lambda} \sum \tau$$

La corde de l'arc a été divisée en 20 parties égales auxquelles correspondent des charges égales à 14.250 kilos. La somme des ordonnées τ mesurée sur l'épure

(1) Il existe une méthode permettant de construire graphiquement la poussée sans passer par l'intermédiaire de la ligne de poussée pour un système donné de forces. J'ai préféré choisir la méthode précédente qui est plus générale, puisqu'elle permet de calculer rapidement la poussée pour une série de forces quelconques variable à volonté.

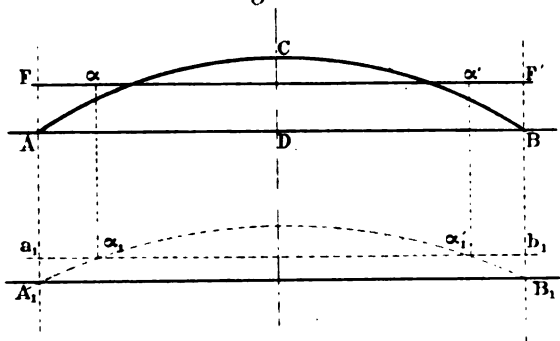
à l'échelle des longueurs a pour valeur $25^m,800$. La quantité λ mesurée aussi à l'échelle des longueurs a pour valeur $0^m,61$ (1). Il en résulte :

$$Q = \frac{14250}{2 \times 0,61} \times 25,8 = 301.000 \text{ kilogrammes.}$$

Construction du Polygone des pressions. — Le polygone des pressions est un polygone funiculaire des forces appliquées à l'arc, tracé avec une distance polaire égale à la poussée. Pour qu'il soit déterminé il suffit donc d'en connaître un point.

Construisons un polygone funiculaire des forces appliquées à l'arc et de distance polaire Q (Fig. 3 ci-après) ; soit A, B ce polygone, et soit a, b la ligne de

Fig. 3



fermeture de ce polygone : projetons les points α, α' sur la ligne de fermeture de l'arc en α_1, α_1' ; les deux points α et α' sont des points du polygone des pressions

(1) Pour faciliter les constructions graphiques, j'ai construit sur l'épure la courbe dont les ordonnées sont égales à $3 Y$; il en résulte que la quantité $\lambda' = mn$ ($183^m/m$) mesurée sur l'épure est 3 fois plus grande que la quantité λ à porter dans la formule.

et on est ramené à construire un polygone funiculaire de distance polaire Q passant par les points α et α' (1).

Ce polygone s'obtient immédiatement en relevant à partir de FF' les ordonnées du polygone $A_1 B_1$ comptées à partir de $a_1 b_1$.

Le polygone des pressions a été construit sur l'épure par ce procédé.

Construction des points réciproques. — D'après la définition, pour un arc de section constante les lieux des points réciproques sont des courbes parallèles à la fibre moyenne, c'est-à-dire, dans le cas actuel, des cercles.

Le carré du rayon de giration a pour expression :

$$r^2 = \frac{1}{\Omega} = \frac{\frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)}{\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)} = \frac{1}{16} (D^2 + d^2) = 0,725$$

Par suite les rayons des cercles, lieux des points réciproques sont :

$$R' = R - \frac{r^2}{V'} = 100 - \frac{0,725}{1,20} = 100 - 0,605 \text{ (fibres d'intrados)}$$

$$R'' = R + \frac{r^2}{V''} = 100 + \frac{0,725}{1,20} = 100 + 0,605 \text{ (fibres d'extrados)}$$

Le tracé de ces cercles sur l'épure montre qu'ils coupent le polygone des pressions aux quatre points $1', 2', 1'', 2''$.

(1) Cette construction résulte de ce que le moment de flexion (pour un point de la fibre moyenne) a pour expression :

$$M = Q (z'' - y) = Qn$$

z'' étant l'ordonnée du polygone $A_1 B_1$ comptée depuis $a_1 b_1$; y étant l'ordonnée de la fibre moyenne comptée depuis la ligne de fermeture.

n est l'ordonnée du polygone des pressions comptée depuis la fibre moyenne de l'arc.

Calcul des Moments de flexion. — Le moment de flexion dans les différentes sections s'obtient en multipliant par la poussée la distance verticale comprise entre le polygone des pressions et le point réciproque de la fibre d'intrados ou d'extrados.

Le signe du moment de flexion est déterminé par la position du point réciproque considéré par rapport au polygone des pressions, le moment étant positif lorsque le point réciproque est au-dessus du polygone des pressions.

Le tableau suivant, déduit de la construction graphique, donne les moments de flexion pour les sections de l'arc de 5 mètres en 5 mètres.

DISTANCE DE LA SECTION CONSIDÉRÉE A LA CULÉE A		0	5 ^m	10 ^m	15 ^m	20 ^m	25 ^m
Distance du point réciproque au polygone des pressions.	Intrados	+ 0,98	+ 0,1	- 0,60	- 1,13	- 1,45	- 1,64
	Extrados	+ 2,30	+ 1,40	+ 0,62	+ 0,10	- 0,20	- 0,40
Moment de Flexion.	Intrados	+ 295 TM	+ 30	- 180	- 340	- 435	- 492
	Extrados	+ 690 TM	+ 420	+ 186	+ 30	- 60	- 120

L'épure montre que le moment de flexion est nul aux points 1' et 2' pour l'intrados, aux points 1'' et 2'' pour l'extrados. On voit, en outre, que le moment de flexion présente deux maximums en valeur absolue, l'un à la clé, l'autre aux naissances.

Calcul des Forces élastiques normales aux sections.

— Ces forces élastiques se déduisent immédiatement des moments de flexion par la formule

$$n = \frac{M v}{I}$$

I a pour valeur $r^2 \Omega = 0,0825$, si on considère la section brute de la tôle; mais il faut tenir compte du fait que certaines sections sont affaiblies par les trous de rivets. La section nette est égale aux $\frac{3}{4}$ de la section brute, de sorte que l'on a :

$$I' = 0,75 \times 0,0825 = 0,061875$$

Le tableau suivant donne les forces élastiques par m^2 dans la section brute et dans la section nette; les chiffres placés en deuxième ligne correspondent à cette dernière hypothèse

DISTANCE DE LA SECTION A LA CULÉE A		0	5 ^m	10 ^m	15 ^m	20 ^m	25 ^m
Forces élastiques	Intrados	+4.300 5.750	+4.375 5.820	-2.625 3.500	-4.950 6.600	-6.330 8.400	-7.180 9.600
	Extrados	+10.000 13.400	+6.120 8.200	+2.710 3.600	+4.375 5.850	-0.875 1.170	-1.750 2.330

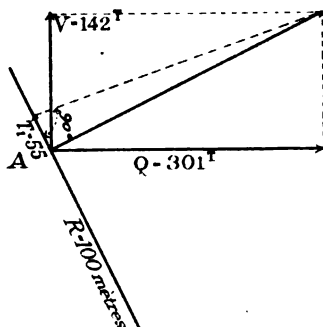
Le signe + indique les forces élastiques de compression; le signe — indique les forces d'extension.

Forces élastiques tangentielles. — Ces forces élastiques se réduisent à celles produites par l'effort tranchant. Pour une section donnée, l'effort tranchant est la composante suivant la normale à la fibre moyenne de la résultante de translation de toutes les forces situées à gauche de la section considérée.

1° Aux Naissances. — La résultante de translation est la résultante de la poussée $Q = 301^r$ et de la réaction verticale $V = 142^r$ (Fig. 4) (1). On en déduit, par une simple projection, l'effort tranchant

$$T_1 = 55^r.$$

Fig. 4



2° A la Clé. — En ce point, la tangente au polygone des pressions est horizontale ; la résultante de translation est donc aussi horizontale. Par suite, l'effort tranchant est nul à la clé ; ce résultat peut, d'ailleurs, être prévu *a priori* par raison de symétrie.

Il résulte de ce qui précède que les forces élastiques tangentielles varient de $\frac{0}{\Omega}$ à la clé à $\frac{55^r}{\Omega}$ aux naissances, c'est-à-dire de 0 à $\frac{55.000}{114.000} = 0^r,48$; on peut donc négliger ces forces élastiques.

Nous connaissons maintenant les forces élastiques

(1) Comme vérification, cette résultante doit être parallèle à la tangente à la ligne des pressions au point où cette ligne coupe la section des naissances, car la résultante de translation, pour une section quelconque, est dirigée suivant le côté correspondant du polygone des pressions.

développées dans les fibres les plus fatiguées du métal pour les différents cas considérés isolément. Il reste à rechercher le cas le plus défavorable qui peut se présenter.

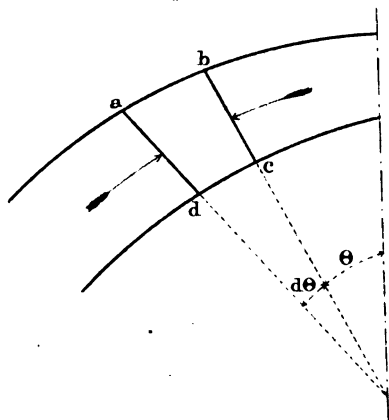
Les forces élastiques produites par les pressions hydrostatiques, prennent naissance seulement lorsque la conduite est en charge.

Considérons la conduite dans ces conditions et soit un élément $abcd$ correspondant à une longueur infiniment petite ds de la fibre moyenne (Fig. 5). Le volume $abcd$ est soumis à l'action des forces suivantes :

1° La pesanteur ;

2° Les réactions du tuyau égales et opposées aux pressions hydrostatiques ;

Fig. 5



3° Les pressions sur les faces ad et bc que l'on peut remplacer par leur résultante dirigée suivant la bissectrice de l'angle $d\theta$. La résultante des pressions sur les faces ad et bc a pour valeur $2\sigma\Omega' \sin \frac{d\theta}{2}$; σ désignant la

pression intérieure par unité de surface et Ω' la section intérieure de la conduite : la composante verticale de cette résultante est $2\omega\Omega' \sin \frac{d\theta}{2} \cos \theta$; la composante horizontale est $2\omega\Omega' \sin \frac{d\theta}{2} \sin \theta$, quantités qui peuvent s'écrire respectivement $\omega\Omega' d\theta \cos \theta$ et $\omega\Omega' d\theta \sin \theta$. Or, θ varie de 0° à $14^\circ 30'$, par suite, $\cos \theta$ varie de 1 à 0,97. On peut donc admettre pratiquement que la composante verticale est constamment égale à $\omega\Omega' d\theta$ et l'erreur commise de ce fait est au maximum égale à 3 %; cette composante est d'ailleurs dirigée du côté opposé au centre de courbure de l'arc. Il résulte de là que l'arc *en charge* peut être considéré comme soumis à l'action de forces verticales ascendantes ayant pour valeur $\omega\Omega' d\theta$ pour la longueur ds .

Si, au lieu de longueurs infiniment petites ds , on prend des longueurs finies Δs , égales à 1^m,000, on aura $\Delta\theta = 34'$ et le raisonnement précédent pourra encore s'appliquer approximativement. Dans ce cas, on a pour valeur des forces verticales ascendantes

$$\Phi = 2 \times 0,068 \times 4.500.000 \times \sin \frac{34'}{2} = 3.000 \text{ kg.}$$

Il résulte de là que la présence de l'eau en charge diminue l'effet de la pesanteur et réduit les forces verticales qui agissent sur l'arc à

$$5.700 - 3.000 = 2.700 \text{ kgs.}$$

L'arc peut être considéré comme soumis seulement à l'action de forces verticales descendantes, égales à 2.700 kilogrammes par mètre courant.

Comme les forces élastiques sont proportionnelles aux forces agissantes, il s'ensuit que les forces élas-

tiques, calculées plus haut, doivent être multipliées par le rapport $\frac{2.700}{5.700}$.

Le tableau suivant résume les différentes hypothèses que l'on peut envisager. Le calcul des forces élastiques a été fait pour la section brute et pour la section nette, c'est-à-dire déduction faite des trous de rivets. Les chiffres placés en seconde ligne s'appliquent à cette dernière hypothèse.

DISTANCE DE LA SECTION CONSIDÉRÉE A LA CULÉE A		0	5 ^m	10 ^m	15 ^m	20 ^m	25 ^m
FORCES ÉLASTIQUES PRODUITES PAR LES PRESSIONS HYDROSTATIQUES		5.450 7.300	5.450 7.300	5.450 7.300	5.450 7.300	5.450 7.300	5.450 7.300
PAR LA PESANTEUR	Arc rempli mais non en charge	+ 4.300 + 5.750	+ 4.375 + 5.820	— 2.625 — 3.500	— 4.950 — 6.600	— 6.330 — 8.400	— 7.150 — 9.600
		+ 10.000 + 13.400	+ 6.120 + 8.200	+ 2.710 + 3.600	+ 4.375 + 5.820	— 0.875 — 1.170	— 1.750 — 2.330
	Intrados	+ 2.040 + 2.720	+ 2.070 + 2.750	— 1.190 — 1.580	— 2.350 — 3.140	— 3 — 4	— 3.400 — 4.520
	Arc en charge	+ 4.750 + 6.350	+ 2.900 + 3.870	+ 1.280 + 1.710	+ 2.070 + 2.750	— 0.415 — 0.552	— 0.830 — 1.110
FORCES ÉLASTIQUES PRODUITES PAR LA PESANTEUR							
	Intrados						
	Extrados						

Du tableau précédent il ressort que les forces élastiques développées dans l'arc sont moindres lorsque l'arc est en charge que pendant la mise en charge ; c'est donc dans cette dernière hypothèse que l'on doit se placer pour vérifier la résistance de l'arc.

Dans ces conditions, nous avons trouvé comme force élastique maxima développée dans l'arc une force de compression de 10 kilos par millimètre carré développée dans la fibre supérieure d'extrados.

Cette force élastique correspond à la section brute et devient $13^k,400$ pour la section nette. Mais nous avons supposé dans le calcul que toutes les viroles ont une épaisseur de 15 millimètres alors que celles des naissances ont en réalité $16^m/m$; par conséquent, les forces élastiques sont un peu inférieures à $13^k,400$ (elles doivent être réduites de 7 p. % environ, ce qui les ramènerait à $12^k,500$). De plus, la section des naissances n'est pas une section de joint, de sorte que pour cette section il faut envisager le travail dans la section brute, soit 10 kilos par mètre carré.

Le chiffre de 10 kilos n'a d'ailleurs rien d'exagéré. Le cas envisagé pour l'arc de La Praz peut être considéré comme celui d'une surcharge d'épreuve puisqu'il ne se présentera que tout à fait exceptionnellement et pendant un temps très court (durée du remplissage).

De plus, une conduite d'eau n'est pas exposée comme un pont-route ou un pont de chemin de fer à des chocs, à des trépidations et à des variations fréquentes de charge. On peut donc dans ce genre de construction adopter un coefficient de sécurité un peu moindre.

Enfin la constance de la température intérieure empêche au métal de subir des efforts alternatifs provenant de dilatations et de contractions successives.

Ces effets successifs sont, comme on le sait, très préjudiciables à la bonne résistance du métal.

Remarque. — Nous avons vu plus haut que la présence de l'eau en charge diminue l'effet de la pesanteur. On peut se proposer de déterminer le rayon de courbure R de l'arc de façon que le poids total de la conduite ou simplement le poids de l'eau qu'elle contient soit équilibré par les pressions hydrostatiques.

Considérons un élément infiniment petit $abcd$ (voir plus haut, page 808), dont le poids est $1000\alpha' ds$; la résultante des actions de l'eau sur les deux faces planes de cet élément est $2 \times 0^{\text{e}},068 \times \alpha' \sin \frac{d\theta}{2}$ et, en remplaçant le sinus par l'arc, $0^{\text{e}},068 \alpha' d\theta$. En admettant que cette force soit constamment verticale, on devra avoir pour l'équilibre :

$$1.000 \alpha' ds = 68.000 \alpha' d\theta$$

ou

$$\frac{ds}{d\theta} = R = 68$$

en d'autres termes :

Le poids de l'eau contenue dans l'arc serait équilibré par les pressions hydrostatiques si le rayon de courbure de l'arc était égal à la hauteur d'eau en charge au-dessus de lui.

APPLICATION RATIONNELLE DU SYSTÈME DÉCIMAL

AUX

MESURES DU TEMPS ET DES ANGLES

PHYSIQUE ET MÉCANIQUE

Par M. J. DE REY-PAILHADE, ingénieur (1).

Messieurs,

Je remercie d'abord la Société de l'Industrie Minérale de l'honneur qu'elle me fait en m'invitant à venir développer mes idées devant elle, puis vous me permettrez d'adresser des remerciements à M. le Président pour son accueil si sympathique, et à M. Clermont qui a bien voulu préparer vos esprits en faveur du système que je vais vous exposer.

Ce n'est pas sans une certaine émotion que je prends la parole dans cette ville où j'ai passé nombre d'années, tant comme élève de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne que comme ingénieur à Montaud, et dans cette enceinte où je retrouve de bons camarades.

En 1893, m'étant servi des fractions décimales du jour pour des calculs relatifs à un travail de chimie biologique, je fus frappé de la simplicité de cette méthode, et amené à me poser le problème suivant : *Trouver le meilleur moyen d'appliquer le système décimal aux mesures du temps et des angles.* Depuis ce moment j'ai fait de très nombreuses communications

(1) Conférence faite dans la réunion mensuelle de Saint-Etienne, du 10 décembre 1898.

sur ce sujet, à Paris, en province et même à Londres. Aujourd'hui la question est tellement étudiée partout, dans le monde entier, qu'on peut considérer la solution comme prochaine.

Voici l'opinion d'un éminent savant français, M. A. Cornu, membre de l'Académie des Sciences et du Bureau des longitudes. « Des trois unités irréductibles de la mécanique, longueur, temps, masse, deux ont déjà été *décimalisées* : l'unité du temps, dernière survivante du système duodécimal, seule, a résisté à tous les efforts. Mais le moment approche où elle devra à son tour entrer dans le concert des unités décimales. » Plus loin, dans le même article publié dans *l'Eclairage électrique* du 22 mai 1897, il dit : « En résumé, la seule solution à la fois simple et scientifique d'une division décimale, c'est le choix du jour et celui de la circonférence comme unités, car ce sont là les *vraies périodes*. »

Le rôle des hommes de science doit être d'en préparer l'avènement, non pas par des compromis, mais par l'adoption progressive de ce double système dans le domaine où ils sont maîtres des conventions (1). La réforme est en bonne voie en ce qui touche la circonférence, car beaucoup d'instituts géodésiques, à l'exemple du service géographique de l'armée française, ont adopté la division en 400 grades. Celle qui concerne le temps est plus difficile à diviser à cause de la nécessité de traduire en unités usuelles les résultats des calculs. On doit donc rendre hommage aux efforts tentés

(1) On voit que si les promoteurs du système C. G. S. avaient adopté pour unité le cent-millième de jour (0^r,864) au lieu de la seconde sexagésimale, les unités n'auraient pas été très différentes comme grandeur de ce qu'elles sont actuellement, et un grand pas aurait été fait dans la voie de l'unification décimale.

dans ce but, en particulier à ceux de la Société de géographie de Toulouse, qui sous l'impulsion de M. de Rey-Pailhade, recommande franchement la division décimale du jour. Mais ce qu'il faut éviter avant tout, c'est de faire miroiter aux yeux de l'opinion incompetente des solutions dites transitoires, qui n'ont aucune chance de devenir universelles : ces systèmes incomplets, tout en pouvant satisfaire certaines exigences, sont condamnés d'avance à un échec, car ils augmentent la confusion des idées et les difficultés de calcul que leurs promoteurs ont le louable désir de faire disparaître.

Voici comment j'ai exposé mon système à l'Académie des Sciences de Paris, le 14 février 1898 :

« Il y a un siècle, les immortels créateurs du Système métrique décimal divisèrent d'une part le jour entier en fractions décimales et d'autre part le quart de cercle en 100 grades. Le peu de temps accordé par la Convention à l'établissement de cette réforme et son abandon par les gouvernants qui suivirent firent échouer cette heureuse tentative. Cependant le grade a subsisté et son usage se répand de plus en plus.

« Actuellement la Science et la Navigation ont pris des développements si considérables que les propositions de la première Commission du Mètre deviennent insuffisantes : il est indispensable que les mesures du temps concordent exactement avec les mesures angulaires.

« Dans ces conditions, et au point de vue scientifique surtout, une solution paraît s'imposer, comme seule logique et rationnelle. Le jour étant l'unité naturelle de temps, il faut prendre pour unité pratique une fraction décimale de ce jour. J'ai proposé, dès 1893, le centième, que j'appelle *cé* par abréviation, qui vaut $14^m\ 24^s$, c'est-à-dire presque notre quart d'heure actuel. Il en résulte que l'unité pratique de grandeur angulaire est le centième de cercle, que j'appelle *cir*, valant $3^{\circ}36'$ ou 4 grades. Ces unités pratiques, *cé* et *cir*, sont subdivisées décimalement en *décicés*, *centicés*, *millicés* et *dimicés*, pour le temps, et en *décicirs*, *centicirs*, *millicirs* et *dimicirs* pour les angles. Dans les calculs, l'unité

de temps est indiquée par cé et les subdivisions centicés et dimicés par les signes ! et !!. L'unité d'angle, le cir, est représenté par la lettre x, qui rappelle la première lettre du mot grec *κυκλος*, et les subdivisions centicirs et dimicirs par j et jj.

« Les avantages d'un pareil système sont immenses. D'abord les nouvelles unités se rapprochent beaucoup des mesures actuellement en usage. Le cé vaut presque le quart d'heure, soit $14^m 24^s$, ce qui permet de trouver mentalement et avec rapidité la concordance en cés d'un temps exprimé en heures, et inversement. Le décicé vaut $1^m 24^s 4$, soit $1^m \frac{1}{2}$ environ; enfin le millicé est égal à $0^s,864$. Le millicé, ou cent-millième de jour, deviendra la nouvelle unité physique de temps, et comme elle diffère peu de la seconde, les coefficients dans lesquels le temps intervient seront peu modifiés. Dans l'ordre des angles, le cir est égal à 4 grades, ce qui est très précieux; toutes les nombreuses et belles Tables déjà calculées par le Service géographique de l'armée française serviront par une simple multiplication par 4. Le centicir vaut $2' 9''$, 6 et le dimicir est égal à $1'',296$.

« Le système des cés et des cir est celui qui, à nombre égal de chiffres, donne le maximum d'approximation. Ainsi $18^h,9543$ indique le temps à moins de $\frac{0,00005}{24}$ de jour, tandis que 18 cés 9543 le donne à moins de $\frac{0,00005}{100}$ de jour.

« Il en est de même pour les angles. L'angle $198^{\circ},9927$ est indiqué à moins de $\frac{0,00005}{360}$ de cercle, tandis que l'angle correspondant $55x,27575$ le donne à moins de $\frac{0,000005}{100}$.

« Ce système est le seul permettant d'inscrire, par un seul et même nombre décimal, le temps et la date. Ainsi : novembre 25 65 cés, 3 veut dire le 25 novembre à 65 cés 3. Cette manière, en usage dans la *Connaissance des Temps* pour l'indication de la longitude des principaux observatoires et pour divers documents astronomiques, a été employée déjà plusieurs fois, notamment par le regretté Tisserand, directeur de l'observatoire de Paris (*Comptes rendus*, t. CXXII, p. 647), et par MM. Aitken et Schæberle, astronomes à l'observatoire Lick à San-Francisco (*Bull. Soc. astronomique de France*, année 1897, p. 45). Les astro-

nomes, les navigateurs, les mécaniciens et les commerçants qui font des calculs embrassant plusieurs jours ou plusieurs circonférences, trouveront d'autant plus d'avantages dans cette notation que les Cartes célestes et géographiques donneront les longitudes en cés ou en cirs sans faire même un changement de place de virgule.

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie diverses Tables et un Recueil de formules pratiques pour l'Astronomie, la Géographie, la Mécanique et la Physique, qui forment un ensemble permettant d'employer immédiatement ce système. On y trouvera une grande Table pour transformer rapidement les heures et les degrés, jusqu'au dixième de seconde, au moyen d'une addition de deux nombres ; une Table de réfraction moyenne ; des Tables de conversion du temps sidéral décimal en temps moyen décimal ; des Tables pour passer de la variation horaire sexagésimale à la variation décimale pour 1 cé ; une Table des levers et des couchers du soleil à Paris, en temps décimal, etc., etc.

« L'adoption du cent-millième de jour ou millicé, pour unité physique de temps, changera peu les coefficients dans lesquels le temps intervient. Les coefficients principaux ont déjà été calculés et figurent dans ce mémoire. On doit à M. de Mendizabal-Tamborrel une belle Table des logarithmes des fonctions circulaires dans le système décimal du cercle entier à sept et huit décimales, de dimicir en dimicir, soit de 1',296 en 1',296. Les nombreuses cartes graduées en grades donneront à vue les longitudes et les latitudes en cirs, par une division par 4 ; en tout cas, il suffira d'inscrire les cirs sur la marge pour avoir des cartes pouvant servir aux partisans de l'un et de l'autre système. Enfin, l'industrie horlogère fabrique couramment des montres à double graduation, à double cadran, des chronomètres décimaux battant deux fois par millicé. Les constructeurs de cercles divisés graduent leurs appareils en cirs aussi facilement qu'en grades. »

Je vous demande maintenant de vouloir bien m'accorder moins de 3 minutes pour vous apprendre à compter le temps suivant le mode décimal.

Ma réforme consiste à diviser le jour non plus en $24 \times 4 = 96$ quarts d'heure, mais en 100 cés, et

à s'habituer à compter par centièmes, ce qui est enfantin.

Remarquons qu'à minuit.....	correspond	0 cé
6 h. du mat. ou $\frac{1}{4}$ jour	—	25 cés
8 — $\frac{1}{3}$ —	—	33,3
Midi $\frac{1}{2}$ —	—	50 —
4 h. du soir $\frac{3}{5}$ —	—	66,7
6 h. — $\frac{3}{4}$ —	—	75 —
Minuit ou jour entier	—	100 —

Partant de cette rose des heures et ajoutant ou retranchant 1 cé par quart d'heure, on obtient la concordance bien suffisante pour la vie courante. A vue on voit que 11 h. du matin correspond à 46 cés, et que 59 cés valent 2 h. $\frac{1}{4}$ du soir.

Avec un peu plus d'exercice, en apprenant par cœur les concordances de toutes les heures du matin (ce qui donne celles du soir en ajoutant 50 cés — 1 h. matin 4^{es}, 2; — 1 h. soir 54^{es}, 2), on trouve les correspondances au décimé ou inversement à la minute. Mais tout cela est presque inutile, car les montres mixtes fabriquées par nos constructeurs français permettent de résoudre ces problèmes sans aucun calcul mental. Ces montres donnent en effet les deux manières de compter le temps et font apprendre rapidement à penser dans le mode décimal. Je vous montrerai tout à l'heure une série complète de cartes et d'appareils décimaux.

Afin qu'on ne puisse pas se méprendre sur mes idées, je répète ici, pour la centième fois, que ma réforme ne s'adresse actuellement qu'aux hommes de science. Le public est tout à fait en dehors, cet excellent public étant routinier par nature, ce qu'il y a de plus simple, c'est de chercher la vérité sans s'occuper de lui.

Puis, quand les savants se seront entendus pour l'adoption d'un système vraiment rationnel et pratique et qu'un usage suffisamment long en aura démontré les avantages, alors on l'enseignera dans toutes les écoles et les jeunes générations l'apprendront sans effort. En un mot la réforme doit se faire progressivement de manière à ne porter aucune perturbation dans nos habitudes, qui pour être séculaires n'en sont pas meilleures pour cela, ou plus exactement ne répondent plus aux exigences de notre vie à la vapeur ou à l'électricité.

Au commencement je pensais qu'il faudrait de 50 à 75 ans pour atteindre ce résultat ; aujourd'hui où la question est très engagée, j'estime que la réforme sera accomplie dans un temps bien plus court.

J'aborde maintenant le côté physique et mécanique qui intéresse plus spécialement les membres de la Société de l'Industrie minérale.

L'unité physique de temps est actuellement la seconde de temps ou la $\frac{1}{86400}^{\circ}$ partie du jour, égale aussi à $\frac{1}{3600}^{\circ}$ d'heure et à $\frac{1'}{60}$ de minute.

Dans mon système la nouvelle unité de temps devient le *millicé* de ma terminologie valant $\frac{1}{100000}^{\circ}$ de jour. Je rappelle que le millicé vaut 0,864, nombre assez voisin de l'unité, de sorte que le choix de cette nouvelle base modifiera peu les valeurs des coefficients, que je désigne par **C. G. M.** (centimètre, gramme, masse et millicé), que je souligne pour bien le différencier du C. G. S. actuel.

Appliquons ces principes à quelques cas :

ACOUSTIQUE

Voici d'abord quelques nombres qui montrent bien que le temps décimal peut simplifier les valeurs numériques.

En calculant les nombres de vibrations des diverses notes de la gamme, en adoptant pour le *la* normal ou *la*₃, le nombre de 870 vibrations simples par seconde (convention du 25 février 1859) on trouve : (Voir le tableau de la page 823.)

On remarquera que, dans ce tableau, il y a très peu de nombres simples faciles à retenir; il n'y en a aucun se terminant par deux zéros ou par 50.

En multipliant ces nombres par 0,864, on obtient les vibrations par *cent-millième* de jour ou *millicé* de mon système.

Pour le *la*₃, on trouve 751,68, qui ne dépasse 750 que de *deux centièmes de ton*, intervalle imperceptible à l'oreille la plus exercée. En adoptant pour le *la*₃ 750 vibrations simples par cent-millième de jour on obtient le tableau suivant remarquable par la simplicité de ses nombres : en effet un très grand nombre se terminent par deux zéros ou 50. (Voir le tableau page 824.)

Nombre des vibrations à la seconde.

	UT	RÉ	MI	FA	SOL	LA	SI	UT
Octave n° 1	v	"	"	"	"	"	"	"
— 0	65,25	73,40925	81,5635	87,0	97,805	108,75	122,81375	130,5
— 1	130,5	146,8125	163,125	174,0	195,75	217,5	244,0875	261,0
— 2	261,0	293,625	326,25	348,0	391,5	435,0	480,375	522,0
— 3	522,0	587,25	652,5	696,0	783,0	870,0	978,75	1 044,0
— 4	1 044,0	1 174,5	1 305,0	1 392,0	1 566,0	1 740,0	1 957,5	2 088,0
— 5	2 088,0	2 349,0	2 610,0	2 784,0	3 132,0	3 480,0	3 915,0	4 176,0
— 6	4 176,0	4 698,0	5 220,0	5 568,0	6 264,0	6 960,0	"	"

Nombre des vibrations au cent-millième de jour.

	UT	RÉ	MI	FA	SOL	LA	SI	UT
Octave n° 1	»	»	»	»	»	46,875	52,734375	56,25
— 0	56,25	63,28125	70,3125	75,0	84,375	93,75	105,46875	112,5
— 1	112,50	126,5625	140,625	150,0	168,75	187,5	210,9375	225,0
— 2	225,0	253,125	281,25	300,0	337,5	375,0	421,875	450,0
— 3	450,0	506,25	562,5	600,0	675,0	750,0	843,75	900,0
— 4	900,0	1.012,50	1.125,0	1.200,0	1.350,0	1.500,0	1.687,50	1.800,0
— 5	1.800,0	2.025,0	2.250,0	2.400,0	2.700,0	3.000,0	3.375,0	3.600,0
— 6	3.600,0	4.050,0	4.500,0	4.800,0	5.400,0	6.000,0	»	»

Les nombres des vibrations des *ut* seront exprimés par des nombres ne renfermant que des facteurs 2, 3 et 5. La formule générale est $2^{n-2} \times 3^1 \times 5^1$, n étant le numéro de l'octave, l'*ut*, étant $2 \times 3^1 \times 5^1$. Les physiciens pourront adopter les mêmes nombres que les musiciens.

Pour les vitesses du son et de la lumière, les nouveaux facteurs seront :

	C.G.M.		C.G.S.
Vitesse du son dans l'air.	28.570°	correspond à	33.071°
— l'eau	123.980	—	143.500
Vitesse de la lumière....	25.954.500.000	—	30.040.000.000

MÉTÉOROLOGIE

La vitesse du vent varie dans les limites suivantes :

	Vitesse au millicé.	Pression du vent par mèt. carré. Kilogr.
Vent à peine sensible	100°	0,18
Vent frais ou brise	350	2,25
Bon vent pour la marche en mer	800	11,8
Vent très fort	1.300	31,1
Tempête	2.000	73,5
Ouragan	3.100	177
Grand ouragan	3.900	280

La formule de la pression est $P = 0,15 d s^{1,1} v^2$.

P pression en kilogrammes.

d poids d'un mètre cube de l'air en mouvement
 $= 1^k,231$.

s surface de la plaque en mètres carrés.

v vitesse du vent en mètres par millicé.

(Voir l'aide-mémoire Claudel.)

NAVIGATION

L'art nautique retirera les plus grands avantages de l'extension du système décimal.

La division des sextants n'offre aucune difficulté ;

la lecture est très précise, comme on peut en juger par le sextant que m'a construit M. Hurlimann et qui a figuré à l'exposition géographique de Londres 1895.

Quant au loch, M. du Bourguet décrit un appareil décimal dans son traité de navigation, page 336.

Les cartes recevront sur la marge une graduation supplémentaire décimale qui permettra de lire dans le système que l'on voudra.

Chaque centicir vaut un peu plus de 2' (minutes d'arc, exactement 2',16) et la longueur moyenne du centicir est de 4.000 mètres ou une lieue.

Rien n'est plus facile de passer des nœuds à l'heure aux *centicirs* au cé, il suffit de diviser les nœuds par 9. Un vaisseau marchant à une vitesse de 18 nœuds, fera 2 centicirs pendant un cé, soit 8.000 mètres pendant 1 cé ; un simple déplacement de virgule donne 800 kilomètres d'espace parcouru pendant 1 jour.

Les opérations nautiques en seront tellement simplifiées, que certaines observations simples pourront être exécutées par des auxiliaires.

J'ai dressé des modèles des diverses tables employées par les marins à la mer ; les explications sommaires que je donne permettent de se rendre compte des simplifications apportées par l'emploi du système décimal.

Je rappelle que plusieurs séries d'expériences ont prouvé qu'on gagnait près de $\frac{1}{3}$ du temps sur la méthode actuelle et que les erreurs diminuaient dans la proportion de 4 ou 5 à 1. Ces avantages sont très considérables.

MÉCANIQUE

Afin d'éviter toute confusion, j'affecte de l'indice 1 tout ce qui se rapporte au système C. G. S. et de l'indice 2 tout ce qui a trait au système nouveau **C. G. M.**

1° La transformation du temps en secondes en temps en millicés se fait en multipliant le premier

$$\text{par } \frac{100.000}{86.400} = 1,1574 \dots$$

$$T_1 \times \frac{1}{0,864} = T_2 \quad \log. \frac{1}{0,864} = 0,0634863$$

J'ai déjà publié des tables à 9 chiffres pour la conversion des heures, minutes et secondes sexagésimales en cés et subdivisions décimales (Voir pour les petites tables le *Bulletin* de la Société de géographie de Toulouse, 1895, page 149, et pour les grandes tables de minute en minute, ce même recueil, 1898, page 338). On trouvera à la fin de la conférence des extraits des principales tables, extraits suffisants non seulement pour faire comprendre la méthode, mais même pour effectuer rapidement les calculs ;

2° La vitesse d'un mobile à la seconde multipliée par 0,864 donne la vitesse au millicé $V_1 \times 0,864 = V_2$
 $\log. 0,864 \dots \dots \bar{1},9365137$.

L'accélération de vitesse dans le mouvement uniformément varié se transforme en multipliant par $(0,864)^3$.

$$g_1 \times (0,864)^3 = g_2$$

$$(0,864)^3 = 0,746490 \quad \log. (0,864)^3 = \bar{1},8730274.$$

Adoptons pour l'accélération g_1 de la pesanteur à Paris, la valeur de M. le commandant Defforges $980^{\circ},96$, l'accélération g_2 à Paris devient $980^{\circ},96 \times (0,864)^3 = 732^{\circ},283$.

$$\text{Log. } g_2 \dots \dots \dots 2,8646787$$

En possession de cette valeur $732^{\circ},283$ pour g_2 on calcule facilement les autres coefficients.

Il est utile de faire remarquer ici qu'à l'Ecole d'hor-

logerie de Paris, il existe une pendule décimale dont la longueur du balancier battant le millicé, c'est-à-dire 100.000 fois par jour, a été déterminée par des expériences effectuées les 18 et 21 octobre 1808 à Clermont-Ferrand par MM. Mathieu et Biot. Ces savants avaient trouvé $74^{\circ},161$ pour la longueur du pendule décimal. Cette valeur permet de remonter à g_2 qu'ils trouvèrent peu différent de $732^{\circ},283$.

3° La longueur du pendule battant le millicé est $\frac{732^{\circ},283}{\pi^2} = 74^{\circ},1957$, valeur qui ne diffère de celle de MM. Mathieu et Biot que de $0^{\text{mm}},34$.

$$\text{Log. } l_2 = 1,8703789.$$

La formule générale de la durée d'oscillation en millicés d'un pendule de longueur l est $t_2 =$

$\sqrt{l} \times \frac{\pi}{\sqrt{g_2}}$ ce qui, avec la valeur de g_2 à Paris, devient

$$t_2 = \sqrt{l} \times \sqrt{\frac{1}{74,195}} \text{ ou enfin } t_2 = \sqrt{l} \times 0,11609.$$

$$\text{Log. } \sqrt{\frac{1}{74,195}} \dots\dots 1,0648105.$$

L'oscillation d'un pendule de 300 mètres serait $t = \sqrt{30.000} \times 0,11609 = 20,2$ millicés environ.

4° La longueur d'un pendule oscillant pendant un temps t millicés est à Paris $l = t^2 \times 74^{\circ},195$.

Cette formule donne pour une oscillation de 1 millicé, l_4 longueur de $74^{\circ},195$ que nous avons déjà trouvée.

Tableau des longueurs des pendules.

DURÉE de l'oscillation		LONGUEUR du pendule en centimètres	NOMBRE d'oscillations par jour
millicés	secondes		
0,1	corresp à 0,0864	0,742	1.000.000
0,2	— 0,1728	2,967	500.000
0,3	— 0,2592	6,677	333.333
0,4	— 0,3456	11,871	250.000
0,5	— 0,4320	18,549	200.000
0,6	— 0,5184	26,708	166.667
0,7	— 0,6048	36,356	142.857
0,8	— 0,6912	47,465	125.000
0,9	— 0,7776	60,098	111.111
1,0	— 0,8640	74,195	100.000

Ces nombres sont quelquefois utiles.

5° La vitesse d'un mobile tombant dans le vide est $v_2 = 732,283 \times t_2$.

L'espace parcouru par un mobile tombant dans le vide est

$$e = \frac{1}{2} g_2 t_2^2 \quad \text{ou} \quad e = 366^c,1415 \times t^2.$$

Ceci montre qu'un corps lourd, tombant de 3^m,661 environ, met un millicé pour atteindre le sol.

C'est un moyen de se rendre compte de la durée d'un millicé. Il est bon de faire observer que chez l'homme sain et adulte le pouls bat 100.000 fois par jour, ce qui est vraiment remarquable.

La vitesse au millicé d'un mobile tombant de la hauteur h est $v_2 = \sqrt{2 g_2 h} = 38,2696 \times \sqrt{h}$.

$$\text{Log. } \sqrt{2 g_2} \dots\dots 1,5828543.$$

Cette formule est très employée en hydraulique.

Les tables actuelles donnent les vitesses et les débits à la seconde. Ces nombres multipliés par 0,864 donnent les vitesses et les débits au millicé.

Réciproquement on passe du millicé à la seconde en multipliant par $\frac{1}{0,864}$, ce qui permet d'employer les tables actuelles.

Exemple. — Pour établir une conduite d'eau débitant 30 litres d'eau au millicé, on calculera une conduite d'eau débitant $\frac{30 \text{ lit.}}{0,864} = 34^{\text{m}},722$ à la seconde. (Voir les extraits des tables pratiques.)

6° *Travail mécanique.* — Le travail du cheval-vapeur en France est de 75 kilogrammètres à la seconde ; ce travail équivaut à $75 \times 0,864$, soit 64 kilog., 8 au millicé. — Déjà, pour unifier, les mécaniciens ont proposé, dès 1889, de prendre pour unité de puissance de travail des machines, le *poncelet*, ou travail de 100 kilogrammètres à la seconde. Afin d'aller plus loin encore, je propose de désigner par *archimède* un travail de 100 kilogrammètres au millicé ou *cent-millième* de jour.

On voit donc qu'il suffit de multiplier la puissance P_1 en chevaux-vapeur, par 0,648 pour avoir la puissance en archimèdes

$$P_1 \times 0,648 = P_2, \quad \log 0,648 \dots \overline{1},8115750.$$

En effet, une machine de P_1 chevaux-vapeur produit en un jour :

$$P_1 \times 86.400 \times 75 \text{ kilogrammètres.}$$

Et une machine de P_2 archimèdes

$$P_2 \times 100.000 \times 100.$$

En égalant ces deux valeurs on trouve bien
 $P_1 \times 0,648 = P_2$.

L'industrie emploie couramment les unités électriques du système C. G. S. ; or, l'adoption d'une nouvelle unité physique de temps les modifie toutes un peu. Afin d'éviter toute erreur, pour désigner les nouvelles unités électriques **C. G. M.**, je fais précéder leur nom actuel du préfixe *no*. Ainsi, on trouve la résistance d'un circuit en *noohms* en multipliant par 0,864 sa résistance en ohms.

On dresse ainsi le tableau suivant :

Résistance.....	les ohms	$\times 0,864$	donnent les noohms.
Force électro-motrice	volts	$\times (0,864)^2$	— novolts.
Intensité du courant.	ampères	$\times 0,864$	— noampères.
Puissance électrique.	watts	$\times (0,864)^3$	— nowatts.

Pour revenir des unités nouvelles *no* aux anciennes, il faut prendre les rapports inverses.

Examinons de plus près les valeurs pratiques.

1 kilowatt est équivalent à $101^{\text{kgm}},93$.

1 kilonowatt vaudra $\frac{101^{\text{kgm}},93}{(0,864)^3} = 136^{\text{kgm}},544$.

Log. 136,544..... 2,1352748.

En effet, considérons une machine de 1 kilowatt et appelons x le travail d'un kilonowatt au millicé.

Le travail pendant 1 jour de la machine de 1 kilonowatt sera 1 kilowatt $\times 101^{\text{kgm}},93 \times 86400$. Par les formules plus haut, 1 kilowatt est équivalent à $1 \times (0,864)^3$ kilonowatts. Le travail de cette même machine de $1 \times (0,864)^3$ kilonowatts pendant les 100.000 millicés du jour sera

$1 \times (0,864)^3 \text{ kilonowatts} \times x \times 100.000$.

Egalant ces deux valeurs

$1 \times 101,93 \times 86400 = 1 \times (0,864)^3 \times x \times 100.000$
 donne pour la valeur de x , $\frac{101,93}{(0,864)^3}$ expression indiquée plus haut, valant 136 kgm.,544.

Remarquons qu'en pratique ordinaire on pourra prendre 133,3 qui vaut $(1 + \frac{1}{3})$ d'archimède, ce qui permettra de transformer facilement les kilonowatts en archimèdes.

Calculons maintenant le travail d'un kilonowatt à la seconde actuelle, il vaut $\frac{136,544}{0,864}$ ou 158 kgm.,037. Ce nombre est très voisin de 157 kgm., qui vaut 2,1 chevaux-vapeur. Ce coefficient est extrêmement simple.

La série des calculs ci-dessus montre combien il est regrettable que dans l'établissement du système international des unités électriques on n'ait pas adopté le *cent-millième* de jour pour unité physique de temps. Il y avait tout à gagner ; mais ce qui n'a pas été fait peut s'établir avec un peu de bonne volonté. C'est d'ailleurs l'opinion de l'éminent physicien A. Cornu dans son excellent article sur la décimalisation du temps et des angles paru dans *l'Eclairage électrique* du 22 mai 1897.

Relativement aux instruments actuellement en usage, leur transformation pour donner des indications dans les unités nouvelles n'exige que des modifications simples. Ainsi les appareils gradués en kilogrammètres n'auront à subir aucune transformation ; ceux donnant des chevaux-vapeur, des volts, des ampères ou des watts n'auront qu'à changer la plaque indicatrice suivant les coefficients donnés dans ce mémoire.

Enfin pour s'y habituer, il suffira de faire comme on fit pour l'établissement du système métrique, on

inscrira pendant plusieurs années les deux systèmes l'un à côté de l'autre. Ainsi on mettra :

12 ampères (10,4 noampères)

60 volts (45 novolts)

1.200 watts (775 nowatts)

110 chevaux-vapeur (71,2 archimèdes).

(Voir à la fin du mémoire, les tables pour la concordance des systèmes.)

En résumé, on passe des anciennes unités aux nouvelles au moyen des 4 facteurs 0,864, $(0,864)^2$, $(0,864)^3$ et 0.648. Les calculs se font rapidement à la règle à calculs, au moyen d'abaques, de graphiques, ou de tables de transformation.

L'industrie horlogère fabrique des appareils décimaux, — montres et chronomètres, — marchant parfaitement (1), qui permettent d'opérer directement sans transformations. Ainsi pour un calcul de frein dynamométrique, on compte le nombre des tours de

l'arbre pendant $\frac{1}{1000}$ de jour (décidé de ma terminologie valant $86^{\circ},4$) ; ensuite on multiplie les kilogram-

mètres effectués par tour par la fraction $\frac{\text{nombre de tours}}{100 \times 100}$

ce qui donne la puissance de la machine en archimèdes. On conçoit aisément que lorsque la notation du temps sera décimale pour tout, usages scientifiques et usages de la vie courante, les calculs seront simplifiés d'une manière extraordinaire.

La division du cercle en 100 parties égales que

(1) Je signale particulièrement la maison L. Leroy et C^{ie}, 7, Boulevard de la Madeleine à Paris, qui construit d'excellents instruments décimaux. Avec un de ces appareils on apprend avec la plus grande facilité à compter le temps dans le mode décimal.

j'appelle *cirs*, correspondant aux 100 cés du jour produira des simplifications considérables sur lesquelles je n'ai pas le temps d'insister. Je me bornerai à rappeler que la lecture des cercles divisés décimalement est beaucoup plus facile que celle des cercles gradués en degrés, minutes et secondes d'arc.

Aucun progrès ne s'accomplit sans apporter un trouble momentané dans les vieilles habitudes ; il faut savoir surmonter courageusement ces inconvénients pour arriver à l'établissement d'un système rationnel qui, dans un avenir prochain, réparera au centuple les maux d'un moment que ce pas en avant a pu causer.

La France a déjà rendu d'immenses services à l'humanité en la dotant de l'admirable système métrique des poids et mesures, mais son œuvre est encore incomplète. C'est à l'achever, c'est à la propager que nous devons tous travailler chacun dans la sphère de nos compétences. Non seulement nous y trouverons une satisfaction bien douce, mais nous nous montrerons aussi les dignes descendants des savants qui ont illustré et rendu impérissable le nom de la France.

Après sa conférence, M. de Rey-Pailhade montre une collection d'appareils décimaux dont voici la nomenclature des principaux :

- 1° Un mètre avec concordance des heures ;
- 2° Un sextant et une boussole divisée en centièmes de cercle.
- 3° De nombreuses cartes avec une graduation supplémentaire décimale.
- 4° La table de logarithmes de Mendizabal-Tamborrel à huit chiffres dans la division décimale du cercle.
- 5° Montre avec concordances décimales inscrites.
- 6° Montre avec cadran donnant 2 indications.
- 7° Montre entièrement décimale.

8° Chronomètre décimal battant 200.000 fois par jour.

9° Divers graphiques pour passer des anciennes unités aux nouvelles.

10° Plusieurs tables de transformation.

Nous faisons suivre ce mémoire d'un ensemble de petites tables permettant de passer de l'ancien système au nouveau, entièrement décimal, et *vice versa*, rien que par des additions ou des soustractions.

L'usage en est si simple que quelques exemples seulement suffiront à en montrer l'utilité.

Soit à transformer 1200 watts en nowatts. La colonne du facteur $(0,864)^3$ donne :

1000	644,973
<u>200</u>	<u>128,994</u>
1200	773,967

Donc 1200 watts équivalent à 773^{nowatts},967

S'il faut remonter des noampères aux ampères on opère par soustractions. Exemple : à combien d'ampères équivalent 10 noampères ?

La colonne de 0,864 donne

	10,000	
	<u>8,640</u>	10
1 ^{re} différence	1,360	
	<u>0,864</u>	1
2 ^e différence	0,496	
etc.	<u>0,432</u>	0,5
	9,936	11,5

Donc 10 noampères équivalent environ à 11^{ampères},5.

Il est évident qu'en étendant ces tables de multiplication jusqu'à 100, les calculs seront beaucoup plus rapides,

MULTIPLICATEUR	VALEURS des heures en cés ou du facteur $\frac{1}{0,24}$	VALEURS des minutes en cés ou du facteur $\frac{1}{14,4}$	VALEURS des secondes en cés ou du facteur $\frac{1}{864}$	VALEURS du facteur 0,864	VALEURS du facteur $(0,864)^2$	VALEURS du facteur $(0,864)^3$	VALEURS du facteur 0,848
1	cés 4,166.667	cés 0,069.444	cés 0,001.157	0,864	0,746.496	0,644.973	0,648
2	8,333.333	0,138.889	0,002.314	1,728	1,492.992	1,289.945	1,296
3	12,500.000	0,208.333	0,003.472	2,592	2,239.488	1,934.918	1,944
4	16,666.667	0,277.778	0,004.630	3,456	2,985.984	2,579.890	2,592
5	20,833.333	0,347.922	0,005.787	4,320	3,732.480	3,224.863	3,240
6	25,000.000	0,416.667	0,006.944	5,184	4,478.976	3,869.835	3,888
7	29,166.667	0,485.111	0,008.102	6,048	5,225.472	4,514.808	4,536
8	33,333.333	0,555.556	0,009.259	6,912	5,971.968	5,159.780	5,184
9	37,500.000	0,625.000	0,010.417	7,776	6,718.464	5,804.753	5,832
				Pour transformer les ohms, les ampères et les vitesses.	Pour transformer les volts et les accélérations.	Pour transformer les watts.	Pour transformer les chevaux-vapeur en archemèdes.

VITESSES DIVERSES

En multipliant les vitesses à la seconde par 0,864, on obtient les vitesses au *millié* ou *cent-millième de jour* :

Homme allant au pas.....	0 85	mètres.
Cheval allant au pas.....	1 »	—
Homme allant au pas gymnastique	1 75	—
Cheval au trot.....	3 »	—
Cheval au galop.....	4 »	—
Bateau à voiles.....	7 »	—
Bateau à vapeur (transatlantique).	8 50	—
Patineur	10 »	—
Train de marchandises.....	10 »	—
Train omnibus.....	16 »	—
Pigeon voyageur.....	16 »	—
Cheval pendant les courses.....	21 50	—
Train express.....	22 50	—
Hirondelle.....	40 »	—
Son.....	280 »	—
Balle du fusil à culasse.....	370 »	—
Boulet de canon.....	390 »	—
Vitesse de rotation de la terre à l'équateur.....	390 »	—
Vitesse de rotation de la terre autour du soleil.....	26	kilom.
Lumière	260.000	—
Electricité.....	350.000	—

Au moyen d'un simple déplacement de virgule on trouve l'espace parcouru pendant un jour. Il suffit de multiplier par 100 la vitesse en mètres pour avoir en kilomètres l'espace parcouru en un jour. Ainsi on voit qu'un transatlantique fait 850 kilomètres par jour, qu'un train express, marchant sans arrêt, franchirait

2.250 kilomètres en un jour ; l'hirondelle fend l'air à raison du nombre énorme de 4.000 kilomètres par jour.

Ces nombres divisés par 2, 3, 4, 5, 6, etc., donnent les valeurs correspondant au $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}$, etc. de jour.

Ces quelques exemples montreront, je crois, aux moins clairvoyants les avantages d'un système rationnel et logique pour la mesure du temps et des angles.

Extraits des Publications étrangères.

NOTE

à propos d'une communication de M. Jüptner von Jonstorff,

à l'*Iron and Steel Institute*,

RELATIVE A LA

DISSOLUTION DU CARBONE DANS LE FER

Par M. J. SEIGLE,

Ingénieur aux usines Saint-Jacques, à Montluçon.

On a développé, depuis quelque temps, une théorie de la constitution de l'acier qui repose sur les théories modernes relatives aux dissolutions, et qui diffère notablement des théories antérieures.

La partie essentielle de cette nouvelle théorie a été exposée pour la première fois par M. H. Le Chatelier dans un article intitulé : « Théories actuelles sur la trempe de l'acier » paru dans la *Revue Générale des Sciences*, janvier 1897. Cette théorie a pour point de départ, outre les études anciennement effectuées sur l'acier, les travaux de M. Le Chatelier sur les dissolutions des sels dans l'eau, la fusibilité des mélanges de sels et des alliages métalliques ;— de M. Sauveur sur la variation de la proportion relative des différents constituants de l'acier avec la composition chimique et le traitement suivi — et de M. Charpy sur la structure microscopique des alliages métalliques et la constitution des alliages eutectiques.

M. le baron Jüptner von Jonstorff a consacré deux mémoires à l'application à l'acier des théories relatives aux dissolutions ; il y pousse l'analogie beaucoup plus loin que ne l'avait fait M. Le Chatelier. Avant de résumer et de discuter ces mémoires, nous résumerons brièvement les résultats dus aux expérimentateurs cités plus haut.

Dans le langage usuel, le terme de dissolution est appliqué

aux mélanges liquides (sel métallique, substance organique, gaz... dissous dans l'eau, l'alcool...)

Cette notion doit être généralisée au point de vue scientifique, et on appellera dissolution tout mélange homogène à proportions indéfinies dans l'état amorphe, que ce mélange soit solide, liquide ou gazeux. Une dissolution peut rester liquide à une température où les composants du mélange sont tous deux solides. Ainsi, parmi les dissolutions aqueuses, au-dessous de 0° , celle de chlorure de calcium peut rester liquide à -50° . On devra considérer comme dissolutions solides, les verres, les laitiers de hauts-fourneaux, les dissolutions de gélatine dans le bichromate de potasse employées en photographie, etc.

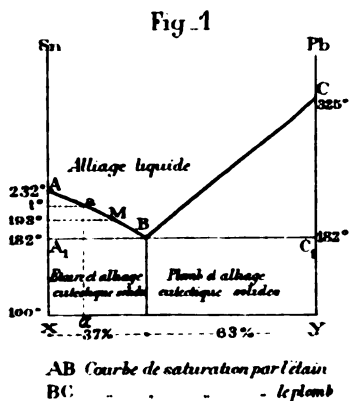
Considérons des corps susceptibles de former, dans des conditions déterminées, une dissolution. Pour chaque proportion relative des corps constituants, la dissolution possèdera des constantes physiques déterminées (poids spécifique, point de saturation, tension de vapeur, pression osmotique, conductibilité électrique, propriétés magnétiques, etc.). Quand on fait varier graduellement la proportion relative de l'un des corps, en général ces constantes varieront graduellement. Toute variation brusque des constantes correspondra à un changement intime très spécial de la dissolution ; par exemple : formation d'un composé défini entre deux ou plusieurs constituants — modification allotropique d'un constituant — dissociation partielle d'un constituant quand ce constituant est un composé défini, etc. Dans certains cas, on pourra établir la cause certaine de la variation ; dans d'autres cas, on en sera réduit à des hypothèses.

Le phénomène de la saturation dans les dissolutions est un des plus importants ; la saturation détermine le mode de solidification des dissolutions liquides (alliages métalliques — sels fondus mélangés — sels métalliques dissous dans l'eau, etc.). La constitution élémentaire de l'acier s'explique bien par ce phénomène.

Voyons ce qui se passe dans le cas, qui est le plus simple, de la solidification d'un alliage Plomb-Etain.

Le plomb pur fond à 325° , l'étain pur à 232° . Nous figurerons sur la droite XY (FIG. 1), les proportions relatives des deux métaux : en X on a l'étain pur, en Y le plomb pur. Les températures seront représentées en ordonnées.

Considérons un alliage à 80 p. % étain et 20 % plomb ; supposons-le fondu, et laissons s'abaisser la température. Tout l'alliage restera liquide, même au-dessous de 232° , jusqu'à environ 193° (point figuratif M). Si on laisse la



température s'abaisser encore, il se sépare de l'étain pur. La partie qui reste liquide s'appauvrit en étain et s'enrichit en plomb ; il faut continuer l'abaissement de température pour augmenter la quantité d'étain séparée. Le point figuratif de la partie qui reste liquide décrit la courbe MB. Pour chaque température, la composition de la partie liquide est bien définie. Si on augmente ou diminue légèrement la température, il se redissoudra ou se séparera à nouveau de l'étain. Nous saurons, pour un point tel que a, que, à la température marquée par l'ordonnée t de ce point, la dissolution liquide en contact avec l'étain a la composition marquée par l'abscisse α . On dit qu'il y a, à la température t , *équilibre de saturation* entre l'étain et la dissolution à teneur α .

Si on continue à refroidir, on arrive à la température de 182° . La dissolution liquide qui a continué à s'appauvrir en étain contient alors 37 p. % Pb et 63 p. % Sn. Si on diminue encore un peu la température, tout ce qui était resté jusqu'alors liquide se solidifie immédiatement en un seul bloc. Ce solide est appelé *mélange eutectique*.

Ainsi, en partant d'un alliage à teneur en étain supérieure à 63 p. %, la séparation de l'étain pur commence à une température qui dépend de la teneur initiale en étain ; cette séparation se continue avec l'abaissement de tempé-

rature jusqu'à la solidification du mélange eutectique à 182° . La branche de courbe AB donne donc pour chaque température la teneur en étain qui sature l'alliage.

Si nous étions partis d'un alliage à teneur en étain inférieure à 63 p. %, c'est-à-dire à teneur en plomb supérieure à 37 p. %, en abaissant la température de l'alliage supposé d'abord liquide, nous aurions eu, à un certain moment, séparation non plus d'étain mais de plomb pur. La partie restée liquide s'appauvrit en plomb et s'enrichit en étain. On arrive à la température de 182° , à la composition de 37 p. % Pb et 63 p. % Sn et le moindre abaissement de température solidifie en un seul bloc le liquide restant. La branche de courbe BC donne donc pour chaque température la teneur en plomb qui sature l'alliage.

Le point de remonte B des deux courbes est un point anguleux ; A est le point de fusion de l'étain pur — C celui du plomb pur. Les courbes AB, BC sont d'ailleurs presque des droites.

Ainsi, étant donné un alliage Plomb-Etain, l'abaissement suffisant de température provoquera d'abord séparation de plomb ou d'étain pur, suivant qu'il y a moins ou plus de 63 p. % étain. L'alliage eutectique se solidifie dans tous les cas, en dernier lieu à 182° . Ainsi, jamais à la fois de cristaux séparés de plomb et d'étain.

Pratiquement, la rapidité de refroidissement a une grande influence sur l'aspect de l'alliage solide, en permettant au métal qui tend à se séparer, de se séparer effectivement en noyaux plus ou moins gros, se développant à partir de certains points de l'alliage en voie de solidification ; lesquels noyaux seront finalement englobés par l'alliage eutectique.

La différence de densité entre le métal qui se sépare et la partie restante de l'alliage, agit également. Dans les conditions ordinaires de solidification des alliages, il faudra, en général, l'aide du microscope pour reconnaître la constitution intime de l'alliage et voir nettement les constituants. Il montre, en outre, un fait très important : c'est que l'alliage eutectique solidifié est formé d'un enchevêtrement de cristaux de chacun des deux métaux. C'est un fait bien établi que l'alliage eutectique n'est pas un composé défini ; c'est un simple mélange.

L'alliage étain-bismuth se comporte comme l'alliage étain-plomb. Grâce à l'extrême obligeance de M. Charpy,

nous reproduisons l'aspect de deux alliages de ces métaux, étudiés par lui, attaqués par l'acide chlorhydrique. La FIG. 2

FIG. 2



correspond à 20 p. % de bismuth : l'alliage eutectique dont on distingue le dédoublement, englobe des dendrites d'étain creusées par l'acide, et reproduites en noir. La FIG. 3

FIG. 3



correspond à 60 p. % bismuth ; on a des cristaux de bismuth qui apparaissent en blanc. Pour montrer la constitution même d'un alliage eutectique, nous donnons,

d'après M. Charpy, dans la Fig. 4, un alliage à 66 % argent, 34 % antimoine; grossissement 500. La plaquette examinée avait été traitée par l'acide sulfhydrique qui noircit l'argent et ne modifie pas l'antimoine.

Ce cas de dissolution, dont le mode de solidification est représenté graphiquement par deux branches de courbes se coupant au point qui correspond à la composition du mélange eutectique, est le plus simple. Outre les cas Pb, Sn — Bi, Sn — Ag, Sb, on le trouve encore pour Zn, Al — Pb, Sb., etc.

Certains alliages, par exemple Sb, Cu et Ni, Sn, se solidifient comme le montre la figure 5. Pour le premier de

FIG. 4

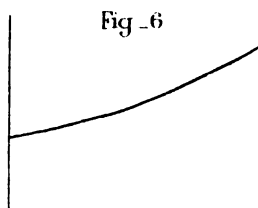
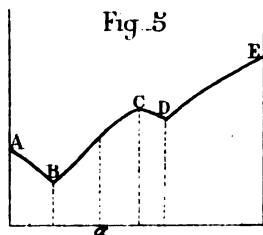


ces alliages, le point C paraît correspondre au composé SbCu_2 ; B correspond à l'alliage eutectique du métal A et du composé C; D à l'alliage eutectique du métal E et du composé C. Le composé défini C joue le rôle d'un métal. Le microscope montre pour un alliage tel que α qu'il est formé après solidification de cristaux du composé C englobé dans un alliage eutectique formé de cristaux très fins enchevêtrés de C et de A.

Les alliages Bi, Sb n'ont pas d'alliage eutectique; la courbe de fusibilité est représentée (Fig. 6) par une courbe joignant directement les points de fusion des métaux purs. Les métaux paraissent isomorphes; il paraît se former

pendant la solidification des cristaux de forme mal définie, et qui varie pour se rapprocher de la forme du cristal du métal dominant.

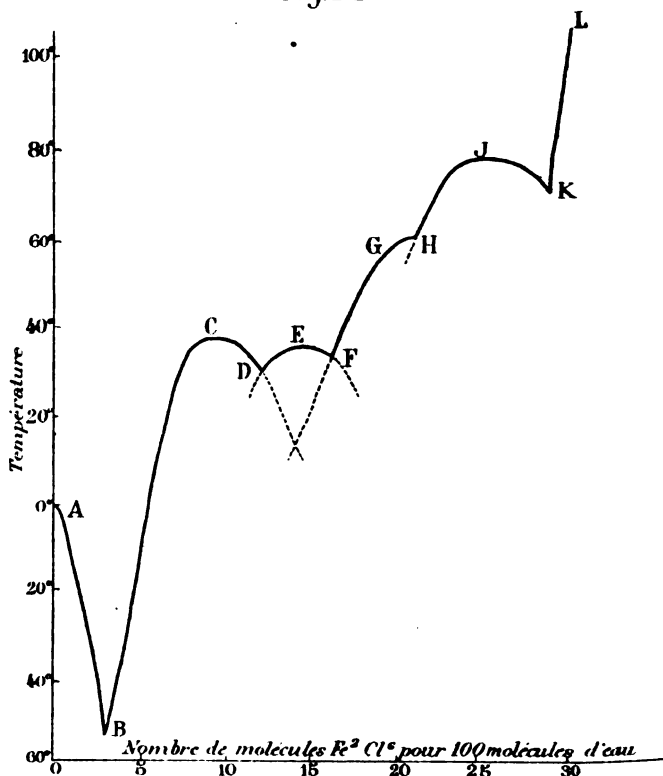
Les trois cas précédents sont appelés cas de fusibilité normale, par M. le Chatelier. Les cas de fusibilités anormales sont, par exemple : 2 alliages eutectiques avec points anguleux raccordés par une courbe ne paraissant pas présenter de maximum (Sn, Cu) — ou des branches de courbes, avec points anguleux, mais la concavité des courbes étant dirigée vers le haut (Sn, Sb) — ou lorsqu'il semble qu'il y ait un ou plusieurs composés définis isomorphes ou non, et pas d'alliage eutectique (Cu, Zn). Le microscope est d'un grand secours dans l'étude de tous ces cas pour préciser les explications des formes des courbes.



La solidification des mélanges de sels fondus est analogue à celle des alliages. De même la solidification des sels métalliques dissous dans l'eau. Le mélange eutectique est appelé dans ce cas cryohydrate; pas plus que pour les alliages métalliques, ce n'est un composé défini. Pour une dissolution à teneur en sel inférieure à la teneur du cryohydrate, c'est de la glace pure qui se sépare quand on abaisse suffisamment la température au-dessous de 0° ; jusqu'à ce qu'on arrive, par l'enrichissement de la dissolution en sel, à la composition du cryohydrate qui se solidifie alors complètement. Pour une dissolution à teneur en sel supérieure à celle du cryohydrate, c'est au contraire le sel en excès qui se sépare, par suite de l'abaissement de la température, puis le cryohydrate se solidifie. Les phénomènes sont, en général, très complexes. Le sel peut donner avec l'eau des hydrates; entre deux températures déterminées, c'est un hydrate déterminé qui pourra être en équilibre

stable de saturation avec la dissolution. La Fig. 7 représente le cas de perchlorure de fer étudié par Roozeboom, et cité

Fig. 7



par Jüptner dans son premier mémoire : AB représente la séparation de la glace ; la branche BCD correspond à l'hydrate $\text{Fe}^2\text{Cl}^6, 12\text{H}^2\text{O}$, la branche DEF à $\text{Fe}^2\text{Cl}^6, 7\text{H}^2\text{O}$, la branche FGH à $\text{Fe}^2\text{Cl}^6, 5\text{H}^2\text{O}$, la branche HJK à $\text{Fe}^2\text{Cl}^6, 4\text{H}^2\text{O}$, enfin KL qui est presque une droite, à Fe^2Cl^6 anhydre.

En outre, l'eau paraît subir, avec la température, des modifications allotropiques (tensions capillaires étudiées

par Ramsay). Dans le cas des électrolytes dissous, il y a également des écarts avec les lois de dissolution des non-électrolytes relativement aux tensions de vapeurs, pressions osmotiques, etc.

Les cas de dissolution de 3 corps sont encore bien plus complexes. Le moins complexe parmi ces cas, est celui où les 3 corps ne peuvent donner ni composé défini, ni isomorphisme, ni modifications allotropiques, mais seulement des alliages eutectiques. C'est le cas de l'alliage Pb, Sn, Bi. Nous nous contenterons de dire que la solidification se fait en 3 périodes : l'un des métaux se sépare partiellement — un alliage eutectique de ce métal et de l'un des autres se sépare ensuite — enfin un alliage eutectique ternaire se sépare et complète la solidification.

On a rapproché des cas précédents le cas des composés de carbone et de fer. Depuis longtemps on sait que les paillettes de la fonte grise sont du graphite ou carbone pur. On sait aussi que le carbone affecte différentes formes dans les aciers et dans les fontes suivant le teneur en carbone total et suivant le traitement calorifique que l'on a fait subir au métal. L'analyse chimique et l'étude micrographique des sections polies ont permis de caractériser certains constituants du fer carburé, et la formation de ces constituants s'explique très simplement quand on la rapproche des phénomènes qui se produisent pendant la solidification des alliages.

Laissons de côté, pour le moment, le cas de la formation du graphite. Dans les aciers, solides, refroidis lentement à partir du rouge cerise, on a reconnu 3 constituants, signalés d'abord par Sorby en 1863 :

1° La *ferrite* qui est du fer presque pur.

2° La *cémentite* qui est du carbure de fer, probablement Fe^3C ; ce qui correspond à 6,66 p. % de carbone.

3° La *perlite* qui se résout, quand on emploie des grossissements suffisants, en lamelles alternativement dures et douces, qui paraissent des lamelles de ferrite et de cémentite alternées.

Dans un acier recuit de composition homogène, il y a toujours de la perlite ; il n'y a jamais à la fois de la ferrite et de la cémentite libres, mais l'une ou l'autre, ou bien ni

l'une ni l'autre ; cela dépend de la teneur de l'acier en carbone total.

On a dans l'acier à moins de 0,90 p. % de carbone perlite et ferrite ; à 0,90 de carbone, perlite seule ; à plus de 0,90 p. % de carbone, perlite et cémentite.

Les proportions relatives de perlite, ferrite et cémentite varient suivant la teneur de l'acier en carbone ; mais dans la perlite, quand le grossissement est suffisant pour la résoudre, on constate la même proportion relative de lamelles de chaque sorte. La composition de la perlite est donc invariable, quelle que soit la teneur en carbone de l'acier ; elle renferme 0,90 p. % de carbone soit, $\text{Fe}^{\alpha} + \text{C}$ (Arnold). Cette constance de composition avait fait supposer que c'était un composé défini ; mais il n'en est rien comme le prouve la structure microscopique de la perlite, et aussi la structure élémentaire des aciers trempés.

Le phénomène de la trempe se produit quand on refroidit rapidement l'acier à partir d'une température supérieure à la température dite de récalescence. Cette température est d'environ 710° ; elle correspond notamment à un point critique dans la courbe de refroidissement de l'acier.

Dans l'acier trempé, on trouve encore la ferrite ou la cémentite, l'une ou l'autre, jamais les deux ensemble et un autre constituant la *martensite* d'aspect homogène. On ne trouve plus de perlite.

On a alors dans l'acier à moins de 0,90 % de carbone, martensite et ferrite ; à 0,90 de carbone, martensite seule ; à plus de 0,90 %, martensite et cémentite.

Dans l'acier recuit, la proportion de perlite ne peut dépendre que de la teneur de l'acier en carbone ; dans l'acier trempé, la proportion de martensite dépend en outre de la température à partir de laquelle on opère le refroidissement brusque. En élevant la température de trempe de plus en plus au-dessus du point de récalescence, la proportion de martensite augmente ; celle de la ferrite ou de la cémentite qui l'accompagne diminue et peut même devenir nulle.

Cela paraît un cas de dissolution de corps solides : la martensite, solide, tend à dissoudre, à mesure que la température s'élève, le constituant solide voisin ; elle change de composition avec la température et pour chaque température, on arrive à un état d'équilibre entre une martensite

de composition déterminée et la ferrite ou la cémentite qui reste.

Si la température est suffisamment élevée, toute la ferrite ou toute la cémentite a été dissoute, on n'a plus que de la martensite. Si on abaisse, au contraire, suffisamment la température jusqu'à arriver à la température de récalescence, la martensite qui a abandonné peu à peu son constituant dissous en excès, arrive à une composition limite pour laquelle elle se dédouble en ferrite et cémentite, donnant précisément la perlite. L'état d'équilibre pour chaque température entre la martensite et le constituant qui la sature, ne s'établit pas immédiatement quand on change cette température. Le refroidissement brusque empêche l'équilibre de se faire; il en résulte que l'acier présente à froid la constitution qu'il avait à la température où l'on a trempé. Si on trempe notamment juste au-dessus du point de récalescence, la proportion de martensite est précisément égale à la proportion de perlite que l'on aurait eue après refroidissement lent ou par une trempe au-dessous du point de récalescence.

On voit donc l'analogie de ce cas de dissolution solide, avec le premier cas des alliages métalliques étudié. Nous avons un métal : fer pur (ferrite) et un composé défini, le carbure de fer (cémentite) se comportant dans ce cas comme un autre métal, leur dissolution est la martensite qui a un mélange eutectique $\text{Fe}^{\text{m}} + \text{C} = 21 \text{ Fe} + \text{Fe}^{\text{s}} \text{C}$ (correspondant à 87,5 % Fer + 12,5 % carbone) dont la température de cristallisation est le plus bas possible 710°. On appelle plus spécialement *hardenite* ce mélange eutectique de la martensite. La perlite résulte du dédoublement de la hardenite en ses constituants ferrite et cémentite.

La théorie exposée relie logiquement certains faits mais ne comprend pas toutes les particularités de l'acier, spécialement les points critiques autres que la récalescence observés dans les courbes de refroidissement ou les courbes de variation des propriétés électriques et magnétiques. Certains phénomènes paraissent devoir être attribués à des modifications allotropiques du fer ou à des modifications allotropiques du carbure. M. Jüptner déclare que M. Campbell a montré la grande probabilité d'existence des carbures de la forme $\text{Fe}^{\text{s}} \text{C}^{\text{s}} - \text{Fe}^{\text{s}} \text{C}^{\text{s}} - \text{Fe}^{\text{m}} \text{C}^{\text{s}} -$ et $\text{Fe}^{\text{m}} \text{C}^{\text{s}}$. Il y a aussi des formes transitoires entre les constituants dont nous avons parlé. L'austenite, découverte par M. Osmond paraît, par

exemple, intermédiaire entre la martensite et la cémentite. Un autre constituant, décrit également par M. Osmond est la troostite dont la composition ne paraît pas encore bien établie.

Pour ce qui est du métal carburé fondu, et des phénomènes qui se passent pendant la solidification, on n'en connaît pas encore clairement le mécanisme. M. Roberts-Austen, dans un mémoire récent, donne pour l'explication de la formation du graphite, une courbe analogue à celle de l'alliage plomb-étain; le fer et le graphite sont les deux constituants de l'alliage fer carburé et l'eutectique de cet alliage correspond à 4,30 % carbone, point de solidification minimum 1150°. Ainsi en partant de fer carburé fondu, au fur et à mesure que la température s'abaissera, il se séparerait d'abord du fer pur ou du graphite, selon qu'il y a moins ou plus de 4,63 % de carbone dissous, puis à 1150° se solidifierait l'alliage eutectique de fer et de graphite.

Mais M. Roberts-Austen reconnaît bien lui-même que les faits sont plus compliqués à cause de l'existence du carbure de fer.

Voici quelques faits établis :

1° Dans certaines conditions de marche au haut-fourneau il arrive qu'il se sépare du graphite pendant la coulée de la fonte, sous forme de limaille qui s'élève à la surface de la fonte, avant la solidification de celle-ci, par raison de densité; le silicium a d'ailleurs une forte influence dans ce phénomène. Au four électrique, quand on cherche à dissoudre du carbone dans du fer pur, le carbone se resépare sous forme de graphite. Cependant, en trempant brusquement du fer traité dans ces conditions, on a un noyau de carbure de fer.

2° Une fonte, grise quand on la coule en sable, est blanche quand on la coule en coquille; le graphite s'est séparé dans le premier cas; il est resté dissous dans le second; le carbone se trouve dans la cémentite et aussi dans la perlite, partiellement dans le premier cas, complètement dans le deuxième (les fontes ont toutes plus de 0,90 de carbone, condition d'existence de la cémentite, comme nous l'avons vu). Quand on porte la fonte blanche à une certaine température le carbure de fer se décompose avec formation de graphite. Le phénomène peut se produire entre deux cer-

taines températures T_1 , T_2 , comprises elles-mêmes entre le point de fusion du métal et le point de récalescence pourvu que l'on maintienne cette température un certain temps. C'est très grande la vitesse de refroidissement dans la coulée en coquille qui empêche cette décomposition du carbure de fer, quand on fait solidifier la fonte. Si on plonge dans l'eau un barreau de fonte coulé dans le sable, aussitôt coulé, l'extérieur qui a passé lentement l'intervalle de température T_1 , T_2 , est gris, tandis que l'intérieur qui n'avait pas encore atteint la température T_1 et qui s'est refroidi rapidement à partir d'une température supérieure à T_1 , est blanc.

Il serait intéressant de savoir si cette décomposition du carbure en graphite peut être complète, quelle que soit la température (entre T_1 et T_2) pourvu que le temps soit suffisant; ou si, à chaque température, il y a une limite à cette décomposition, c'est-à-dire s'il y a un état d'équilibre. Il faut, pour ce dernier cas, que le phénomène soit réversible, c'est-à-dire que la réaction inverse, redissolution du graphite pour donner du carbure, soit possible dans les mêmes limites de température. Nous ne croyons pas que la question soit résolue.

Ainsi, pour les fers à plus de 0,90 de carbone, à l'état liquide ou solide, nous sommes dans le cas de trois corps : fer, graphite, carbure de fer, le graphite se séparant dans certains cas pour faire une dissolution hétérogène partiellement.

Voyons maintenant les essais d'application des théories de la dissolution présentés par M. le baron Jüptner.

INFLUENCE DU MANGANÈSE ET DU CHROME SUR LA TENEUR EN CARBONE

M. Jüptner rappelle les propriétés du silicium d'augmenter la proportion de graphite dans les fontes; du manganèse et du chrome d'augmenter au contraire la solubilité du carbone. Il donne d'après Ledebur, pour le cas du manganèse, les chiffres suivants (les éléments autres que le carbone et le manganèse sont réunis au fer).

Fer	Manganèse	Carbone
95,37	0	4,63
80	15	5
59,5	35	5,5
44	50	6
28,5	65	6,5
13	80	7
2,5	90	7,5

Le cas du fer pur, saturé par 4,63 p. % de carbone est donné d'après Percy. M. Jüptner admet que le fer et le manganèse se partagent le carbone ainsi : le fer se sature à raison de 4,63 pour 95,37 de fer ; le manganèse se trouve saturé par le reste. Ainsi, pour le ferro-manganèse contenant 50 p. % de Mn, 44 p. % de Fe et 6 p. % de C, le fer prend pour sa saturation $\frac{4,63 \times 44}{95,37} = 2,14$ de C ; le manganèse est donc saturé par $6 - 2,14 = 3,86$ de carbone. Cela fait 7,72 de C pour 100 de Mn pur. En opérant de même pour les autres cas, on trouve pour 100 de Mn, des quantités de carbone variant de 7,46 à 8,20. M. Jüptner conclut, du peu d'écart de ces chiffres, que la puissance de saturation du manganèse par le carbone est indépendante du fer qui l'accompagne, et que le composé saturé correspond à la formule $Mn^{2,3}C$.

Ceci nous semble donner prise aux objections suivantes :

1° Nous ne savons pas si le carbone est simplement dissous ;

2° Le mot de saturation correspond aux phénomènes bien précis que nous avons résumés précédemment ; la saturation correspond, pour chaque température, en un état d'équilibre entre une dissolution et un de ses constituants en excès. Dans le cas actuel, nous ne voyons pas que ce mot doive être employé ;

3° Nous avons en réalité le cas de trois corps, au moins, en présence : fer, manganèse, carbone ; peut-être de deux autres encore : carbure de fer et carbure de manganèse (Mn^2C composé stable) ; il est possible aussi que le fer et le manganèse puissent donner des composés définis. Pour chaque température pendant la durée de la solidification, c'est l'un des constituants du système, puis deux..... qui, se solidifiant seront en équilibre de saturation avec la partie de l'alliage restée liquide.

4° Dans la suite de son mémoire, M. Jüptner base d'autres calculs sur des ferro-manganèses dont il donne la composition d'après M. Osmond :

Manganèse	Carbone	Silicium
80,96	5,10	0,71
48,95	5	0,43
16,79	4,80	0,80

A teneurs semblables en manganèse dans les deux séries de ferro-manganèse, les teneurs en carbone sont très différentes ; le calcul de M. Jüptner pour les trois derniers cas, donnerait des nombres très différents pour ce qu'il appelle la capacité de saturation du manganèse par le carbone.

Pour le cas de ferro-chromes, M. Jüptner donne les chiffres suivants :

Fer	Chrome	Carbone
95,37	0	4,63
76,2	18	5,8
50,7	42	7,3
45,4	47,7	7,2
42,9	49,3	7,8

Par un calcul analogue au premier, il trouve que 100 de chrome demandent, pour être saturés des quantités de carbone à peu près constantes, quel que soit la proportion de fer, soit 10,50 à 11,67 de carbone. Les mêmes objections se présentent.

ABAISSMENT DU POINT DE FUSION PAR LE CARBONE ET LE SILICIUM

Dans les courbes de solidification des alliages, ou des sels, les branches de courbe extrêmes partent des points de fusion des constituants purs, et en descendent. Le point de fusion d'un dissolvant est abaissé par le fait d'une substance dissoute. La loi de Raoult, relative à ce phénomène, peut s'énoncer ainsi : pour un même dissolvant, des dissolutions équimoléculaires abaissent d'une même quantité le point de solidification. On appelle dissolutions équimoléculaires celles qui contiennent pour la même quantité de dissolvant, des quantités de substances dissoutes proportionnelles à leurs poids moléculaires

Soit 100 grammes de dissolvant, dans lesquels on dissout

m grammes d'un corps dont le poids moléculaire est M . Le nombre de molécules dissoutes est $\frac{m}{M}$. Soit t l'abaissement du point de solidification du dissolvant ; il est proportionnel au nombre de molécules dissoutes.

$$(1) \quad t = E \frac{m}{M}$$

E est une certaine constante. Si $m = M$, c'est-à-dire si on dissout 1 molécule, l'abaissement t est égal à E .

On calcule théoriquement, par les lois de la thermodynamique le coefficient E ; il est donné par la relation

$$(2) \quad E = 0,0198 \frac{T_0^2}{\omega}$$

dans laquelle :

ω = chaleur latente de fusion de 1 gramme du dissolvant.

T_0 = température de fusion du dissolvant pur en degrés comptés à partir du 0 absolu.

M. Jüptner emploie la formule (1) pour rechercher la condensation moléculaire du carbone dissous.

La relation (1) donne :

$$(3) \quad M = E \frac{m}{t}$$

Si nous connaissons la valeur de E par la formule (2), et si nous savons que m grammes p. % du corps dissous ont abaissé de t degrés le point de solidification du dissolvant, nous tirerons de la formule (3) le poids moléculaire du corps dissous. Connaissant son poids atomique, le quotient du poids moléculaire par le poids atomique donnera le nombre d'atomes qui composent la molécule du corps à l'état dissous.

M. Jüptner admet 1500° centigrades pour le point de fusion du fer pur, soit 1773° en degrés absolus. Pour la chaleur latente de fusion, il adopte 20 calories. La formule (2) donne alors :

$$E = 3112$$

Prenons simplement comme exemple, le cas de la fonte de Suède citée par M. Jüptner ; sa composition est :

$$\begin{aligned} C &= 4,10 ; \text{ Si } = 0,22 ; \text{ Mn } = 0,12 \text{ S } = 0,04 ; \\ \text{Ph} &= 0,018 ; \text{ Fe } = 95,50. \end{aligned}$$

Point de fusion 1085° centigrade.

Abaissement du point de fusion $t = 1500 - 1085 = 415^\circ$.

La formule (3) donne :

$$M = 3412 \frac{4,40}{425} = 30$$

Or, le poids atomique du carbone est 12 ; le rapport $\frac{30}{12}$ égale 2,56. M. Jüptner en conclut que la molécule de carbone dissous doit être formée de 3 atomes, et il paraît que cela est conforme à l'opinion de Schild et Kirsch. Dans son second mémoire, M. Jüptner est plutôt amené à conclure que la condensation de la molécule n'est pas constante ; il y a à la fois des molécules d'atomicités diverses, en proportion relative variable.

On peut objecter à ce calcul :

1° La loi de Raoult est une loi limite pour des dissolutions très étendues.

2° L'établissement de la formule (2) en thermodynamique suppose que la loi de la pression osmotique est bien

$$PV = RT$$

Or, cette loi n'est qu'approchée ; les mesures de pression osmotique ne sont pas très nombreuses ; la loi ne se vérifie que pour des dissolutions très étendues, dans d'assez faibles limites de température.

3° Nous ne savons pas si le carbone doit être considéré comme simplement dissous dans le fer.

4° Il y a une telle incertitude, actuellement, sur les valeurs de T_0 , ω et t que, en supposant les formules (2) et (3) applicables, on ne peut avoir beaucoup de confiance dans le résultat.

D'ailleurs, M. Jüptner ne se contente pas d'examiner le cas de la fonte blanche de Suède que l'on pourrait, à la rigueur, considérer comme du fer carburé pur. Il applique les formules à la fonte grise, au ferro-manganèse, ferro-silicium, et silico-spiegel ; ces calculs ne nous paraissent pas justifiés.

CALCUL DE LA PRESSION OSMOTIQUE DE DISSOLUTION

Dans le même ordre d'idées, M. Jüptner calcule théoriquement la pression osmotique des dissolutions de carbone dans le fer.

Il applique la formule suivante donnant en atmosphères la pression osmotique au point de fusion de la dissolution :

$$P = \frac{1000 \times S \times \omega}{24,17} \cdot \frac{t}{T_0}$$

S est le poids spécifique du dissolvant au point de fusion.
 ω , t , T_0 ont la même signification que précédemment.

En remplaçant S par 7,85,

ω par 20 calories,

T_0 par 1773°, on trouve :

$P = 3,67 t$ en atmosphères.

Pour la fonte blanche de Suède, considérée, $t = 415$ d'où :

$P = 1521$ atmosphères.

Pour la dissolution de 1 % de carbone :

$P = 352$ atmosphères.

M. Jüptner vérifie son calcul en calculant directement la pression osmotique. La formule

$$PV = RT$$

qui exprime les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, exprime aussi la relation entre la pression osmotique P d'un corps dissous dans un volume V de dissolvant à la température absolue T . La constante R est la même pour les gaz et les corps dissous quand on considère les mêmes volumes. En d'autres termes, la pression osmotique d'une dissolution a la même pression qu'exercerait le corps dissous s'il occupait à l'état gazeux le volume occupé par la dissolution. Dans le cas présent, le calcul consiste à chercher quelle serait, à la température de fusion de la dissolution de carbone considérée, la pression exercée par le carbone contenu dans la fonte, si ce carbone devenait gazeux en occupant un volume égal à celui de la fonte, et en supposant, en outre, que les molécules de carbone dissous soient formées de trois atomes.

Quoique ces calculs de pression osmotique dans le cas du carbone dissous dans le fer ne nous paraissent pas très dignes de confiance, nous indiquerons le calcul de M. Jüptner.

2 litres de méthane CH_4 pris à 0° et 1 atmosphère pèsent..... 1^{gr},430
 Ils contiennent 4 litres d'hydrogène qui pèsent. 0, 358
 D'où 1 litre de C gaz hypothétique, à 0° et 1 atm
 pèse 1, 072

Au point de fusion de la fonte de Suède considérée, 1085° centigrades, ce gaz pèserait par litre, en admettant la loi de Gay-Lussac :

$$\frac{1,072}{1 + \frac{1}{273} 1085} = 0^{\text{gr}},215$$

Mais, comme au lieu de 2 atomes M. Jüptner a démontré que la molécule en contient probablement 3, le litre pèsera :

$$\frac{3}{2} 0,215 = 0,323$$

Admettons 7,4 pour le poids spécifique de la fonte blanche de Suède à son point de fusion ; 1 litre de fonte à 4,10 % de carbone contient :

$$\frac{7,4 \times 4,10}{100} = 303^{\text{gr}},4 \text{ de carbone.}$$

Ainsi 303 grammes de carbone occupent, dissous, un volume de 1 litre. Or, sous la pression de l'atmosphère, à la même température, il n'y a que $0^{\text{gr}},323$ dans le même volume. La pression osmotique du carbone dissous est donc :

$$\frac{303,4}{0,323} = 940 \text{ atmosphères environ.}$$

On avait trouvé précédemment 1500 atmosphères. M. Jüptner n'est pas satisfait de ce désaccord ; il refait son dernier calcul en prenant 2,56 au lieu de 3 pour la condensation moléculaire moyenne du carbone dissous ; il trouve alors 1124 atmosphères.

— D'autres calculs de M. Jüptner sur la variation de la chaleur latente de fusion, etc ont des applications

trop hâtives des lois des dissolutions. D'après ce que nous avons montré dans la première partie de cet exposé, le cas du fer et du carbone n'est pas encore complètement connu, et les modifications des constituants par les corps tels que le silicium, le manganèse, le soufre, le phosphore, etc., sont certes loin d'être bien connues.

Mémoires traitant des dissolutions, des alliages métalliques et de la trempe de l'acier :

- M. H. LE CHATELIER. — L'état actuel des théories de la trempe et de l'acier. (*Revue Générale des Sciences*, 15 janvier 1897.)
- M. G. CHARPY. — Recherches sur les alliages de cuivre et de zinc (*Bulletin de la Société d'encouragement*, février 1896).
- M. G. CHARPY. — Etude microscopique des alliages métalliques (*Bulletin de la Société d'encouragement*, mars, 1897).
- M. G. CHARPY. — Etude sur les alliages blancs dits anti-frictions (*Bulletin de la Société d'encouragement*, juin 1898).
- M ROBERTS-AUSTEN. — Mémoire publié dans l'*Engineering* (Mars 1899).
- M. H. LE CHATELIER — Recherches sur la dissolution. (*Annales des Mines*, février 1897).

Saint-Jacques. Avril 1899.

BIBLIOGRAPHIE

Félix Colomer, ingénieur civil des mines. — *Exploitation des mines* — Bibliothèque du conducteur de travaux publics. Veuve Ch. Dunod, éditeur, Paris, 1899. — Le but que s'est proposé l'auteur est de réunir en un court volume tout ce qui a trait à l'exploitation des mines, et le présenter sous une forme simple, claire et accessible à tous ; il s'adresse tout aussi bien au public étranger à l'art des mines qu'au spécialiste.

L'ouvrage indique, pas à pas, les opérations à faire pour la mise en exploitation (travaux préparatoires), l'extraction des minéraux (abatage, transport, extraction proprement dite) et pour l'organisation rationnelle des services généraux d'une bonne exploitation (épuisement, aérage, explosifs, etc.). Cet ouvrage, écrit par un ingénieur qui a longtemps pratiqué dans notre bassin houiller du nord de la France, renferme quelques idées qui lui sont personnelles, et expose en outre avec unité les idées générales, les notions pratiques nécessaires à un directeur de mines, aux ingénieurs et contrôleurs de mines, aux administrateurs de Sociétés minières, aux maîtres mineurs, en un mot, aux exploitants, et à tous ceux qui s'intéressent de près ou de loin à l'industrie des mines.

L'ouvrage est terminé par une annexe importante donnant diverses notes relatives à l'étude d'un avant-projet de puits de mine.

L'auteur a fait ainsi œuvre des plus utiles.

J. Boulvin, ingénieur honoraire des ponts et chaussées, ancien élève de l'Ecole d'application du génie maritime de France, ingénieur des constructions maritimes de l'Etat belge. — *Cours de mécanique appliquée aux machines*, professé à l'Ecole spéciale du génie civil de Gand. 8^e fascicule : Appareils de levage, transmission du travail à distance. E. Bernard et Cie, éditeurs, Paris. — Le 8^e fascicule qui vient de paraître complète l'important ouvrage publié par l'éminent professeur de l'Ecole spéciale du génie civil de Gand. Ce fascicule se compose de deux parties :

Première partie. — Transmission et distribution du travail à distance.

L'auteur suppose que la distance à laquelle le travail doit être communiqué dépasse la portée des transmissions ordinaires par arbres munis d'engrenages ou de courroies, laquelle est nécessairement très limitée ; de plus, il n'envisage que les solutions mécaniques, l'étude de la transmission électrique n'entrant pas dans le cadre de l'ouvrage. Les solutions successivement traitées sont les transmissions téléodynamiques, les transmissions par l'eau sous pression et les transmissions par l'air comprimé ou raréfié. L'auteur passe sous silence les canalisations de vapeur ou d'eau surchauffée distribuant l'énergie créée dans une batterie centrale de générateurs, modes de distribution qui ont été employés aux Etats-Unis, mais ne paraissent pas s'y répandre. L'auteur renvoie, à leur sujet, aux mémoires originaux publiés en 1889 par M. G. Richard.

Deuxième partie. — Appareils de levage.

L'auteur y décrit et étudie successivement les machines servant aux opérations élémentaires (vérins, treuils, palans, presse hydraulique, etc.) que l'on rencontre soit comme machines isolées, soit comme parties intégrantes de machines plus complexes, puis les grues, les ponts roulants et les ascenseurs de divers genres.

Le fascicule est terminé par un index alphabétique des matières contenues dans les huit fascicules qui forment l'ouvrage complet.

H. de **Graffigny**, ingénieur civil. — *Les Moteurs légers applicables à l'industrie, aux cycles et automobiles, à la navigation, à l'aéronautique, à l'aviation, etc.* E. Bernard et C^{ie}, éditeurs, Paris, 1899. — L'ouvrage plutôt descriptif que l'auteur présente au public a pour but de résumer tout ce qui a été proposé par les inventeurs et exécuté par les constructeurs dans l'intention de ramener au strict minimum le poids des mécanismes moteurs et des générateurs de vapeur.

Ce volume, qui comprend 328 pages de texte, illustré de 216 figures, est divisé en onze chapitres où sont successivement décrits : les générateurs à vapeur, les moteurs à vapeur à pistons, les machines à vapeur rotatives et les turbomoteurs, les moteurs à gaz, à pétrole et à benzine, les carborateurs, les moteurs à pétrole industriels, les moteurs

d'automobiles, les petits moteurs à essence de pétrole pour motocycles, les moteurs rotatifs à pétrole, les générateurs d'électricité, les moteurs électriques, les moteurs divers (acétylène, alcool, air chaud, lessive de soude, ammoniaque, acide carbonique liquéfié, poudre).

Un appendice de 12 pages résume les conditions de fonctionnement et indique les poids obtenus par divers constructeurs.

L'ouvrage de M. de Graffigny permet, en un mot, de s'éclairer sur ce qui s'est fait d'intéressant depuis cinq ou six ans dans l'industrie récente de la construction des voitures automobiles et de comparer entre eux les divers systèmes préconisés.

F. Cambessédès, ingénieur civil des mines, professeur d'exploitation à l'Ecole des maîtres mineurs de Douai. — *Cours théorique et pratique d'exploitation des mines*. 7^e fascicule, méthodes d'exploitation des veines minces, moyennes et puissantes. G. Dubar et C^{ie}, Lille, 1899. — Le fascicule que vient de faire paraître notre collègue termine et complète la seconde édition du cours d'exploitation des mines qu'il professe à l'Ecole des maîtres mineurs de Douai depuis de nombreuses années. Nous rappellerons brièvement que l'ouvrage se compose des fascicules suivants : 1, gisements; 2, abatage; 3, soutènement; 4, transport; 5, transport (supplément); 6, méthodes d'exploitation des veines très minces; 7, méthodes d'exploitation des veines minces, moyennes et puissantes.

Dans le dernier fascicule, l'auteur décrit et discute les divers modes actuellement employés et les compare aux méthodes antérieures, donne les règles qui se dégagent de cet examen, cite de nombreux exemples pris sur le vif et indique les prix de revient obtenus.

Ce traité si richement documenté couronne dignement l'œuvre commencée par l'auteur en 1895.

BULLETIN.

DE LA

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY.

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

SUR QUELQUES

MICROORGANISMES DES COMBUSTIBLES FOSSILES

Par M. D. RENAULT, lauréat de l'Institut,
Membre de l'Académie royale de Belgique, etc.

PRÉFACE

Le travail que nous publions aujourd'hui sous les auspices de la Société de l'Industrie minérale n'est pas l'histoire de *tous* les microorganismes qui se trouvent dans les Combustibles fossiles, il faudrait bien des années pour en réunir les éléments et bien des volumes pour les contenir ; notre but est d'attirer l'attention sur la profusion de ces infiniment petits et sur le rôle important que certains d'entre eux paraissent avoir joué dans la formation de ces combustibles.

Nous avons écrit, sur cette question pleine d'intérêt, plusieurs notes ou mémoires épars dans différents recueils, nous les avons coordonnés en les complétant par l'étude de nouveaux matériaux, c'est donc l'ensemble de nos recherches que l'on trouvera résumé dans ce travail.

Pour un sujet qui comporte une certaine nouveauté, il fallait des dessins originaux dans lesquels la main de l'artiste ne pût être accusée d'interprétation ; aussi

notre Atlas ne renferme-t-il que des reproductions phototypiques, sans aucune retouche, des préparations mêmes que nous avons faites; ce sont elles qui ont été le point de départ de tout ce qui a été publié sur les Bactériacées fossiles (1). Plus de trois cents clichés exécutés par l'habile et savant artiste Monpillard ont été nécessaires pour en établir les planches.

Ces clichés offraient une grande difficulté d'exécution, les préparations de Tourbe sèche, de Lignites, de Houille, etc., sont en effet souvent colorées, peu transparentes.

On comprend l'habileté qu'il faut déployer pour obtenir, avec des grossissements variant de cent à quinze cents diamètres, la netteté suffisante à l'étude de Microorganismes dont la taille peut descendre au-dessous de un demi-millième de millimètre.

La reproduction phototypique de tous ces clichés a été heureusement réalisée par M. Sohier, qui y a mis tous ses soins et toute son expérience.

Nous remercions ces deux artistes qui nous ont aidé dans ce long travail.

Nous avons en outre à exprimer notre très vive reconnaissance à M. Tauzin, Président de la Société de l'Industrie minérale, pour son aimable et bienveillant accueil; à M. Grand'Eury, Correspondant de l'Institut, pour son intervention si amicale et pour les nombreux échantillons qu'il nous a procurés; à M. Fayol, Directeur général de la Compagnie Commentry-Fourchambault, etc., qui le premier a bien voulu nous encourager dans cette publication et nous fournir de nombreux matériaux.

(1) Notre travail repose donc sur un ensemble de préparations extrêmement variées réunies pendant 24 années.

INTRODUCTION

Dans les principaux combustibles fossiles que nous allons examiner, il y a deux choses à considérer : 1° La nature des éléments qui les constituent et les distinguent ; 2° Les différentes causes qui ont amené ces éléments à leur composition actuelle ; parmi celles-ci on a invoqué le métamorphisme, la pression, le temps, les injections de bitume venant des profondeurs, la macération, etc.

Pour la plupart des Lignites, et pour les Tourbes qui se forment sous nos yeux, il est clair que les injections de bitume, le métamorphisme, ne peuvent en aucune manière expliquer leur formation ; la macération considérée comme cause de transformation chimique serait acceptable si l'on parvenait à en fournir les preuves. Cette démonstration faite, peut-être pourrait-on l'étendre aux combustibles plus anciens, Bogheads, Houilles, etc...

Nous ne retiendrons donc que deux causes : la macération et la pression exercée simplement par les couches supérieures, et examinerons si elles sont suffisantes.

De nos jours on sait que les macérations de plantes sont accompagnées de l'apparition d'Amibes variés, de nombreux Infusoires, de ferments solubles, de ferments figurés (Bactériacées), etc. Il est naturel de rechercher dans les combustibles fossiles, à défaut de ferments solubles, la présence des autres êtres qui accompagnent les fermentations.

Notre examen devra donc porter sur les restes végétaux plus ou moins altérés qui sont encore reconnais-

sables et sur les êtres qui ont pu déterminer leurs transformations chimiques et les amener à cet état de décomposition.

L'ordre que nous suivrons dans cette publication sera le suivant :

1° Etude des Microorganismes (1) de quelques Tourbes ;

2° Etude des Microorganismes de quelques Lignites ;

3° Etude des Microorganismes de quelques Schistes bitumineux récents.

4° Etude des Microorganismes de quelques Bogheads ;

5° Etude des Microorganismes de quelques Cannels ;

6° Etude des Microorganismes de quelques Houilles ;

7° Etude des Microorganismes de quelques Schistes bitumineux anciens ;

8° Etude des Microorganismes conservés par la silice ;

9° Conclusions.

(1) Par Microorganismes nous entendons les restes *végétaux* et *animaux* microscopiques que l'on peut observer dans les combustibles fossiles.

TOURBES

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La présence constante de débris végétaux plus ou moins facilement reconnaissables dans toute l'épaisseur des couches de tourbe, a fait admettre depuis longtemps que cette substance était due à l'accumulation, souvent énorme, de plantes ayant subi une macération prolongée. On a attribué cette accumulation soit à un transport mécanique effectué par les eaux, soit à la superposition d'un nombre considérable de générations de plantes ayant vécu sur place et sur les débris des plus anciennes ; l'étude de ces restes a montré qu'ils appartenaient le plus souvent à des plantes semblables à celles qui vivent encore à la surface et qu'ils n'avaient pas été roulés. Les tourbières d'ailleurs se rencontrent non seulement au fond des vallées et des plaines basses, mais sur les pentes de collines ou sur des plateaux élevés, la première hypothèse a dû être écartée.

C'est donc une végétation sur place et continue qui produit les couches souvent puissantes de ce combustible. Les plantes qu'on y a reconnues aiment toutes l'humidité, vivent souvent le pied dans l'eau ; il est alors indispensable que ce liquide arrive facilement dans toute l'épaisseur de la tourbière. Cette condition est facilement réalisée dans les marais lacustres ou *immergés*, mais moins complètement dans les marais *émergés* ; toutefois la présence de végétaux hygroscopiques tels que certaines espèces de Mousses appartenant aux genres *Sphagnum*, *Hypnum*, *Polytrichum*, etc., attire et maintient une humidité suffisante

pour que la végétation ne soit pas arrêtée, même dans les périodes de sécheresse.

Sur la surface humide des tourbières on rencontre souvent au milieu des Mousses des plantes herbacées telles que le *Lycopodium inundatum*, le *Blechnum spicans*, le *Drosera*.

Si le sol de la tourbière est suffisamment solide, il peut se développer des arbustes et des arbres dont le bois contribue à accroître et enrichir le combustible.

Les Conifères par exemple, représentés par le *Pinus pumilio*, peuvent lui fournir non seulement les substances provenant de la transformation de la cellulose mais encore les essences et les produits résineux qui y sont contenus.

Les Bouleaux s'installent de bonne heure, mais n'atteignent pas une grande élévation, ils dépérissent au bout d'une quinzaine d'années, et tombent. Leur écorce presque imputrescible se retrouve intacte, avec ses essences, à une distance de plusieurs mètres au-dessous de la surface, quand au contraire leur bois a disparu. Avec le Bouleau blanc se rencontre le Bouleau nain, et en même temps la Bruyère commune, quelques Saules comme le *Salix repens* et le *S. aurita*, quelques *Vaccinium*.

Les plantes monocotylédones sont représentées par des Cypéracées et des Joncées, des Graminées.

Les plantes dicotylédones sont plus rares, on peut citer cependant des *Drosera*, des *Viola*, des *Galium*, etc.

Les dépôts tourbeux immergés contiennent un nombre d'espèces de plantes plus restreint, les monocotylédones y sont représentées par le *Scirpus lacustris*, l'*Equisetum limosum*, le *Phragmites communis*, divers *Carex*, *Typha*, *Potamogeton natans*,

les *Lemna*, etc. Les Dicotylédones, par des *Nymphæa alba*, *Nuphar lutea*, *Ranunculus aquatilis*, *Hippuris vulgaris*, des *Myriophyllum*, etc.

D'après Lesquereux, dans les tourbières du Jura trente-cinq espèces de Mousses pourraient concourir à la formation de la tourbe ; en y ajoutant les Hépatiques, les Fougères et les Prèles on aurait une cinquantaine d'espèces de Cryptogames. Parmi les Phanérogames, on rencontrerait trente-six espèces de Monocotylédones et une vingtaine de Dicotylédones.

En Europe la région des tourbières commence vers le 45° et s'étend jusqu'aux latitudes septentrionales où cesse la végétation des plantes ligneuses.

Plus au sud on ne rencontre de tourbe que sur les montagnes, dans les hautes vallées des Pyrénées, dans les Alpes jusqu'à une hauteur de 2.600 mètres environ.

Dans l'hémisphère sud, aux îles Malouines par 52° de latitude sud, la tourbe se montre en aussi grande abondance qu'en Irlande.

Cependant l'existence de tourbières dans les zones plus chaudes n'est pas impossible. Nous avons des échantillons provenant de Saint-Mihiel, l'une des Açores, de Madagascar, des environs de Tokio (Japon). Les cuticules de *Bothrodendron* dont nous parlerons plus loin et qui datent du Culm, paraissent être le résidu d'une fermentation paludéenne, tous les autres tissus de la plante ayant été détruits et n'ayant laissé qu'une faible proportion d'acide ulmique ; sans aucun doute la température moyenne dans ces différents exemples est ou a été supérieure à celle de 6 à 8° qui paraît être la plus convenable pour la production de la tourbe. C'est la température moyenne de l'Irlande, des îles Malouines, des hautes vallées jurassiques, etc.

Les marais tourbeux s'étendent au bord des fleuves,

des rivières, au fond des vallées, quelquefois sur les pentes et les sommets des montagnes. En France la tourbe se rencontre dans les Landes de Bordeaux, entre la Charente et les Deux-Sèvres, à l'embouchure de la Loire (grand marais de Montoire), à l'embouchure de la Seine, aux environs de Paris (Septveilles), sur les bords de la Somme, de la Sarthe, etc. En Suisse les tourbières sont nombreuses dans les vastes plaines de Séeland. En Allemagne, l'Elbe, le Danube, la Vistule traversent de grands dépôts tourbeux.

Les tourbières émergées ont une puissance et une épaisseur supérieures à celles des dépôts immergés; quelques-unes ont une épaisseur de dix à quatorze mètres formant de petites collines au milieu des plaines où elles se sont édifiées.

Il s'échappe presque toujours des tourbières émergées des ruisselets ou des ruisseaux, suivant leur importance, emportant l'eau qui leur arrive, soit par des sources sous-jacentes soit par l'hygroscopicité des mousses des *Hypnum* entre autres, qui puisent dans l'air chargé de brumes, l'eau qui s'y trouve, ou retiennent celle qui tombe sous forme de pluie ou de neige.

Quand la quantité d'eau qui s'écoule de la tourbière est peu considérable, il n'est pas rare qu'elle soit colorée en brun par quelques composés ulmiques provenant de la décomposition des végétaux (1).

A l'intérieur des tourbières la température reste sensiblement constante à partir de 3^m,50 de la surface

(1) On sait que l'acide ulmique, précipité par un acide d'une combinaison alcaline et jeté sur un filtre, laisse passer des eaux colorées en brun aussitôt que le lavage a entraîné les traces de l'acide qui a servi à la précipitation, de là l'origine de beaucoup d'eaux brunes devenues neutres ou alcalines alors capables de tenir en dissolution des principes ulmiques.

et correspond à la température moyenne de la vallée où elles se sont formées. D'après les expériences de Lesquereux, faites au marais tourbeux de Bémont à l'ouest du lac d'Etaillières, à la fin de l'hiver les eaux du lac étant couvertes d'une couche de glace de trente centimètres environ, la terre végétale gelée à quinze centimètres de profondeur, la tourbe couverte de neige n'a été trouvée gelée qu'à 4 ou 5 centimètres au-dessous de la surface, le peu de conductibilité de l'eau immobilisée par les nombreuses racines de plantes, rend assez bien compte de cette résistance au refroidissement.

Puissance calorifique de la tourbe. — La puissance calorifique de la tourbe est assez considérable comme on peut s'en convaincre d'après le tableau suivant :

	C	H	O	Cendres	H en excès	Pouvoir calorifique
Tourbe de Vulcaire, près Abbeville	57,05	5,63	31,76	5,58	1,69	5.191
Tourbe de Long, près Abbeville...	58,00	5,93	31,37	4,61	2,01	5.396
Tourbe du Champ-du-Feu, près Framont	57,79	6,11	30,97	5,33	2,30	5.461

Le pouvoir calorifique de la houille est en moyenne 5.356.

Les divers échantillons analysés par Regnault avaient été séchés à 100°, ceux simplement desséchés à l'air peuvent contenir jusqu'à 30 % d'eau, leur pouvoir calorifique tombe à 3.750.

La tourbe donne un charbon poreux, friable, quelquefois dur quand il renferme une proportion notable de cendres, brûlant lentement à cause de ces matières minérales. Ses cendres renferment très peu de sels alcalins comme le montrent les analyses suivantes :

<i>Première analyse.</i>		<i>Deuxième analyse.</i>	
Potasse.....	1,9	Quartz.....	1,1
Soude.....	1	Silice.....	2
Chaux.....	37	Alumine.....	18,5
Magnésie.....	2,1	Magnésie.....	1,8
Oxyde de fer.....	15	Carbonate de chaux...	13,3
Alumine.....	33,9	Oxyde de fer.....	12,4
A. phosphorique.	4,4	Oxyde manganèse..	0,1
A. sulfurique....	6,8	Sulfate de chaux...	12,3
Silice.....	3,5	Phosphate de chaux.	15
Chlorure de sodium	0,05	Chlorure de sodium.	4

Soumise à la distillation, la tourbe donne un gaz qui brûle avec une flamme peu éclairante et un liquide oléagineux pouvant fournir un gaz 4 à 5 fois plus éclairant que le gaz de la houille ; les goudrons produisent des huiles propres à l'éclairage, de la paraffine, de l'alcool méthylique, du sulfate d'ammoniaque. Les eaux de la distillation contiennent des acides acétique, butyrique et de la créosote.

Mode d'établissement d'une tourbière. — D'après Lesquereux, voici comment s'établit et se développe une tourbière émergée dans le Jura. Le sol humide même portant de grands arbres, Bouleaux, Saules, Pins, arbres destinés à succomber plus tard, est d'abord envahi par des Sphaignes ; après une série de générations le milieu leur devient moins favorable et sur les débris, les détritiques qu'elles ont laissés, se développent d'autres espèces de Mousses, telles que les Hypnes, les Hydnes, les Polytrichs, auxquelles viennent se mêler des Joncs, des Carex, puis on voit apparaître des Grassettes, des Violettes d'eau, des Saxifrages, etc. Toutes ces plantes sont herbacées, la

végétation ligneuse vient après, représentée par la Canneberge, les Saules nains, les Bouleaux, etc.

Les tourbières terrestres, d'après M. Elie de Beaumont, présentent souvent deux espèces de végétation : l'une occupant le fond des eaux peu profondes et stagnantes, est engendrée par les plantes aquatiques que nous avons indiquées plus haut et qui en se succédant augmentent lentement l'épaisseur de la couche de fond ; l'autre qui s'étend peu à peu à la surface est déterminée par des végétaux terrestres, aimant l'humidité, et qui s'installent sur la pellicule solide formée par les feuilles, le bois mort, etc. A la suite des Mousses apparaissent des plantes herbacées, qui forment une couche de plus en plus épaisse, et dont la solidité va toujours croissant ; il s'y implante des arbustes, des arbres et, dans beaucoup de cas, la surface devient assez solide pour qu'on puisse la parcourir. La couche superficielle est élastique, repose sur l'eau remplie par les plantes ascendantes du fond et par les racines descendantes de celles qui croissent au-dessus, ces plantes et ces racines déterminent un feutrage spongieux. Du fond de l'eau, se développent et montent les plantes aquatiques qui augmentent l'épaisseur du feutrage.

Superficie occupée par les tourbières. — On estime à environ 1.200.000 hectares la superficie des tourbières réparties en France entre 47 départements.

En Hollande les dépôts de tourbe forment presque entièrement le sol du pays. L'ancien lac de Harlem était un marais tourbeux de plus de 18.000 hectares, qui maintenant est couvert de prairies et de fermes très prospères.

Le Danemark possède plus de 180.000 hectares de tourbières plus fréquentes dans les îles que sur le continent.

Les gisements tourbeux sont nombreux dans les Iles Britanniques, surtout en Irlande, où ils atteignent 15 à 18 mètres de puissance et s'étendent sur une superficie de 2.428.000 hectares.

En Allemagne les dépôts les plus importants sont sur les bords de la Baltique et de la mer du Nord. Une des meilleures tourbes est celle qui vient de Donau-moos (Bavière).

La Russie est le pays d'Europe qui renferme le plus de marais tourbeux. Le chemin de fer de Moscou à Saint-Petersbourg traverse des tourbières, sur les deux tiers de son parcours, leur épaisseur peut atteindre 10 à 11 mètres. On en rencontre sur les bords de la Néva, dans les lacs Onéga et Ladoga.

Dans l'Amérique du Nord, les immenses prairies mouvantes des Osages reposent sur des marais tourbeux, on rencontre la tourbe en grande quantité sur les bords de l'Hudson, du Missouri, dans le Colorado, l'Arkansas, etc.

Age des tourbières. — On s'est demandé souvent quel pouvait être l'âge des tourbières, la puissance des couches de certaines d'entre elles prouve quel'époque de leur origine est fort ancienne ; pour d'autres au contraire leur peu d'épaisseur montre qu'elles sont relativement récentes. Lesquereux rapporte que sur le sommet du Pouillerel (Jura) on peut observer un commencement de formation tourbeuse dont la couche n'a atteint que 30 à 35 centimètres d'élévation. Ce marais a pris la place d'une forêt récemment extirpée par la main des hommes ; au milieu des Airelles qui y croissent en abondance ainsi que les Sphaignes, on trouve çà et là, en place, des troncs dont les tiges ont été sciées et enlevées, la matière tourbeuse n'est

encore qu'un tissu de mousses, de racicules et de débris ligneux parfaitement conservés.

On trouve sur le Simplon des tourbières déjà exploitées, de quarante-cinq à cinquante centimètres d'épaisseur, reposant sur une terre noire, entremêlées de branches de Pins, Mélèzes et Genévriers. Cinquante ans auparavant le sol était encore couvert de forêts. En 1817 on a retiré d'un marais tourbeux de la Frise orientale le squelette d'un homme dont les vêtements bien conservés ont permis, par leur forme, de conclure qu'il y avait à peu près mille ans que le corps avait été enfoui, il se trouvait à trois mètres trente environ au-dessous de la surface. Lesquereux admet que la croissance en hauteur de la tourbe est dans le Jura rarement de moins de 66 centimètres par siècle, c'est-à-dire le double du chiffre qui donnerait l'observation que nous venons de rapporter et faite dans les marais de la Frise.

En forme de conclusion, il croit que par analogie on peut juger approximativement du temps nécessaire pour amener les végétaux à l'état de tourbe.

On nomme *découverte* ou *bourin* la couche supérieure jaunâtre de la tourbe dont le tissu est trop lâche, trop peu compact pour être exploité avantageusement. Cette couche a d'ordinaire quarante à quarante-cinq centimètres. C'est sous la *découverte* que la tourbe commence à être bonne. Si l'on admet que la croissance est de 66 centimètres par siècle, il faudra 75 ans environ pour produire cette découverte et par conséquent pour amener la partie qu'elle recouvre à un état de décomposition suffisante; au bout du même laps de temps, ce qui était jadis surface se trouvera enfoncé de 75 centimètres et à l'état de tourbe. On peut admettre que la décomposition des végétaux qui a amené ce résultat a

exigé le même temps ; ce temps peut évidemment subir quelques variations, suivant les circonstances plus ou moins favorables à la décomposition, une immersion trop complète et une température trop basse la retarderont.

Transformation des plantes en Tourbe. — Si le mécanisme de la formation et de l'accroissement des tourbes est bien connu, il n'en est pas de même des transformations que la matière végétale subit pour devenir de la tourbe. D'après Sprengel, toutes les tourbes soumises aux analyses chimiques sont imprégnées d'un acide tellement antiseptique (acide ulmique) que la viande, trempée dans l'eau saturée de cette substance à 12°, s'est conservée très longtemps et a fini par se décomposer sans se corrompre. Les fragments de plantes imprégnés de cet acide subissent une sorte de tannage qui les préserve pendant longtemps de toute décomposition et permet à la masse d'acquérir une épaisseur considérable par l'addition de nouveaux débris.

Pour Lesquereux la décomposition, portant sur quelques-unes des parties constitutives des végétaux, imprègne les fibres ligneuses d'éléments étrangers qui leur donnent plus de consistance et augmentent ainsi leur force combustible. Or, c'est parce que cette décomposition ne peut agir d'abord que sur certaines parties des plantes que la tourbe se forme ; s'il en était autrement, le résultat produirait de l'humus.

Au lieu donc d'envisager la tourbe comme un résultat immédiat d'une fermentation particulière, on doit plutôt l'envisager comme formée par un obstacle à cette fermentation, et cet obstacle essentiel est la présence de l'eau.

Aussi définit-il la tourbe : *un composé de végétaux* .

ligneux dont la fermentation et, par conséquent, la décomposition sont retardées par la présence et la température de l'eau.

Les tourbes sous-aquatiques se forment sur les bords de la mer, des lacs et des fleuves quand les eaux sont peu profondes et qu'elles ne sont pas agitées par des mouvements violents; les végétaux ne sont plus les mêmes, mais leur accumulation s'explique facilement si l'on admet que l'action de l'eau empêche la prompte décomposition des fibres ligneuses des plantes et favorise les modifications insensibles que doivent subir dans le liquide toutes les parties qui ne sont pas naturellement combustibles.

Loin de nous la prétention de résoudre le problème compliqué de la transformation des végétaux en tourbe, nous désirons seulement appeler l'attention sur quelques-uns des facteurs de cette transformation, tels que la présence constante, dans les débris végétaux des tourbières, de Bactériacées et de Champignons qui concourent à la disparition de certaines parties des plantes à l'exclusion d'autres parties.

Les conditions admises généralement pour la formation des tourbières terrestres, les seules dont il sera question dans ce travail sont :

1° Un climat humide, plutôt froid que chaud, comportant comme température optimum 6 à 8 degrés;

2° Un sol déclive, imperméable, permettant l'écoulement des eaux;

3° Une humidité constante entourant les racines des plantes qui alimentent la tourbière ou leurs débris quand elles ont cessé de vivre.

Ces conditions sont réunies comme nous l'avons vu plus haut dans un grand nombre de contrées situées

entre le 45° de latitude nord et sud, et les limites polaires de la végétation, le 56° parallèle marque leur zone de prédilection.

Plus près des régions tropicales, il y a bien quelques tourbières, mais elles ont une importance médiocre.

On regarde la conservation des débris végétaux comme une sorte de tannage éprouvé par les différents organes en présence des acides tannique, ulmique, etc., qui se trouvent naturellement dans certaines plantes ou qui se forment pendant leur décomposition. Cette opinion peut paraître exagérée, car les principes cellulosiques possèdent une assez faible affinité pour les composés de ce genre; les principes albuminoïdes, au contraire, en montrant davantage et doivent peut-être à cette particularité leur résistance à la décomposition.

Nos recherches ont surtout porté sur la *structure microscopique* des tourbes et sur les microorganismes qu'elles renferment, les lignes suivantes résument les premiers résultats obtenus par l'étude de quelques tourbes françaises et étrangères. Nous allons décrire quelques-unes des tourbières que nous avons pu examiner à ce point de vue particulier.

TOURBIÈRE DE FRAGNY

La tourbière de Fragny est située à l'est d'Autun et à une hauteur d'environ 560 mètres. Le chemin de grande communication conduisant à Blanzay l'a divisée en deux parties et a modifié quelque peu l'écoulement de la nappe d'eau souterraine. Nous avons vu plus haut que la plupart des plantes de la tourbe appartenaient aux familles inférieures qui vivent le pied dans l'eau ou dans un milieu très humide, le sous-sol par conséquent doit être imperméable, légèrement en pente et formé de roches massives telles que le

granite, le gneiss, etc. A Fragny la couche imperméable est constituée par de l'argile plastique grise reposant sur des grès rhétiens.

Malgré la sécheresse persistante qui régnait à l'époque où nous avons visité cette tourbière, la surface était couverte de verdure maintenue par l'humidité constante de la tourbe sous-jacente, les plantes les plus communes que nous y avons remarquées sont des touffes de Joncs, de Carex, de Bruyères, de Graminées diverses, une certaine quantité de Sphaignes, de Polytrichs, de Droséras, de Violettes d'eau, des pieds isolés de Fougères, de Saule, de Genévrier, de Chêne et de Genêts. La végétation est donc herbacée et ligneuse.

Immédiatement au-dessous des plantes vertes et de leurs racines qui continuent, par dessus, l'existence de la tourbière, on en distingue deux autres : la première la moins ancienne présente un tissu lâche, feutré, formé de l'entrelacement des racines, rameaux, ramules, feuilles des plantes qui ont vécu autrefois et dont les tissus sont encore reconnaissables, la teinte en est brun-jaunâtre, c'est dans cette couche que s'effectue, peu à peu, le passage à la tourbe noire. Ici elle est moins épaisse à cause du peu d'activité de la végétation superficielle.

La deuxième dépasse 60 centimètres en épaisseur, elle est de couleur noire non feuilletée, plastique, grasse au toucher comme l'argile et tachant les doigts. Elle diminue considérablement de volume en se desséchant, devient brun foncé, et acquiert en même temps une ténacité comparable à celle des lignites, assez grande pour qu'on en puisse faire des préparations observables au microscope. La faible quantité de matière fondamentale qu'elle contient suffit pour souder les débris comme dans les lignites.

Lorsqu'on la délaye dans l'eau sans écrasement, on y reconnaît de très petits fragments de tissus divers tels que : cuticule, épiderme, endoderme, cellules de liège, quelques vaisseaux brisés appartenant à du bois de Bouleau, des cadres elliptiques isolés provenant de la désagrégation de ces mêmes vaisseaux, des spores de Fougères, des grains de pollen divers, entre autres d'Abiétinées, des conidies de Champignons, plusieurs espèces de Diatomées, assez rares, mais plus nombreuses dans les eaux qui s'écoulent un peu colorées de la tourbière, enfin une petite quantité d'éléments minéraux siliceux apportés par les vents sous forme de poussières.

Nous donnons (FIG. 1, PL. X) sous un gross. de $\frac{200}{1}$

une petite portion de tourbe noire délayée dans l'eau de tourbière : en a, se trouve le squelette siliceux d'un Amiboïde radié rappelant les *Clathrulina* ou les *Hedriocystis* ; en l'absence du pédoncule et des pseudopodes il est impossible de se prononcer ; en b on remarque un fragment de vaisseau rayé, isolé ; en c et sur toute l'étendue de la figure des débris amorphes de couleur foncée, rarement transparents, de forme et de dimensions très variables qui semblent être des portions de cellules complètement désorganisées et des produits de transformation des différentes parties des végétaux ; ces débris montrent souvent dans les régions un peu éclaircies de nombreux corps microscopiques de forme coccoïde, et constituent la plus grande partie de la tourbe faite.

La FIG. 2 représente une coupe prise dans un fragment de tourbe comprimée à la main et ayant acquis suffisamment de dureté et de ténacité, en se desséchant, pour être réduite en lame mince comme un morceau de lignite.

On voit en *a*, un fragment de bois où l'on distingue des cellules de parenchyme ligneux et des restes de vaisseaux rayés ; en *b*, se trouve un œuf d'insecte aquatique, dont la surface porte de fines aspérités, certaines régions de la préparation montrent des groupes de petites granulations d'aspect coccoïde.

Ce qui frappe dans l'examen de la tourbe faite, c'est la ténuité des débris formés des éléments les plus résistants des végétaux qui étant restés en place n'ont eu à subir aucune trituration de la part de corps durs. La propriété que possèdent certaines Bactériacées de dissoudre les membranes moyennes des cellules pourrait donner l'explication de cette division sur place (1).

Cependant lorsque les fragments des plantes, tiges ou racines, étaient volumineux à l'origine, leur résistance à la destruction a été plus longue et on rencontre, par exemple, des racines de Bouleaux à une assez grande distance de la surface, dans un état d'altération très avancé, il est vrai, mais ayant encore une structure reconnaissable.

Près de la surface, les fragments de racine montrent souvent dans les rayons cellulaires, et les cellules de parenchyme, de nombreux grains d'amidon polyédriques mesurant $7\ \mu$ à $10\ \mu$, agissant sur la lumière, et séparés les uns des autres par un réseau protoplasmique. Leur altération commence par la perte de la propriété d'agir sur la lumière, propriété qui persiste pour les parois des cellules ligneuses qui les renferment, les grains se dissolvent ensuite soit sous l'influence de quelque diastase, soit sous une

(1) L'état de division des fragments de végétaux rencontrés dans la houille aurait la même cause.

influence microbienne et il ne reste de visibles que les mailles du réseau protoplasmique, qui demeure incolore ou prend une teinte jaune orangé, plus ou moins prononcée.

La Fig. 3 est une coupe longitudinale radiale d'une racine de Bouleau prise près de la surface grossie $\frac{305}{1}$

On voit en *a*, les cellules de parenchyme ligneux remplies de grains d'amidon à peu près intacts, en *b* des vaisseaux ponctués séparés suivant leur longueur par des diaphragmes elliptiques, obliques, portant des épaississements en forme de bandes parallèles.

A une distance de la surface un peu plus grande (Fig. 4), les grains d'amidon d'abord entourés de leur réseau protoplasmique *a*, se dissolvent et laissent des cavités isolées *b*, ou un réseau protoplasmique *c*, dont ils occupaient les mailles.

Le réseau protoplasmique se fluidifie, se colore souvent en rouge brun et vient tapisser d'une couche d'épaisseur variable *c* (Fig. 7), les parois internes des cellules; d'autres fois il se rassemble en masses sphériques un peu diffluentes *b* (Fig. 5 et 6), ou en globules à contours bien définis *a*, *b* (Fig. 8), de dimensions très inégales et contenus, en nombre variable, dans les cellules des rayons et du parenchyme ligneux, ces globules ressemblent assez à des gouttelettes de résine colorée en rouge brun.

Souvent les globules renferment des vacuoles *a*, *c* (Fig. 9 et 10) plus ou moins nombreuses. Si elles sont en petit nombre, elles sont sphériques; si au contraire elles se touchent, leur pression mutuelle leur donne l'aspect de cellules polyédriques *c* (Fig. 10) et *a* (Fig. 11). Quelquefois elles ont fini par se réunir *a* (Fig. 12) et le globule prend l'aspect d'une sphère complètement creuse.

Nous attribuons la formation de ces globules à la présence du protoplasma entourant les grains d'amidon, mais on peut se demander si ceux-ci ne concourent pas, dans une certaine mesure, à leur production ; en effet, si on jette un coup d'œil sur la FIG. 1, PL. XII, on remarque en *a*, le réseau assez irrégulier protoplasmique, les grains d'amidon semblent s'être dissous et n'avoir laissé que des vides, mais en *b*, en *b'* les mailles du réseau sont encore occupées par un certain nombre de ces grains qui se sont colorés en rouge brun ; dans d'autres cellules, la fusion des grains d'amidon modifiés et du réseau protoplasmique, semble complète et avoir formé les globules pleins *c* ; en *d* on voit un certain nombre de Microcoques.

Les globules que nous venons de décrire sont connus depuis longtemps, on les a rencontrés dans les parties colorées du bois de chêne, d'orme, etc., et désignés sous le nom de corps *céroïdes*. M. Prillieux en fait mention (1), sous le nom de *cérasome*, donné par Trécul à certains produits gommeux, il n'indique pas d'où cette substance dérive, mais montre qu'elle ne peut être le produit de la désorganisation de la paroi des vaisseaux ou des cellules.

Dans les rayons médullaires, M. Prillieux a vu les grains d'amidon s'entourer d'une mince couche de gomme, qui s'accroît à mesure que les grains d'amidon diminuent de volume.

M. Debray a publié sur ce sujet un mémoire étendu (2). Pour ce savant, les globules colorés pleins ou remplis de vacuoles, ne sont ni de la gomme, ni de la résine, mais des plasmodes de *Pseudocomis Vitis*,

(1) *An. Sc. nat. Bot.*, 1875, I, 176.

(2) *Bulletin de la Soc. bot. de France*, tome XLV, séance du 27 mai 1898.

parasite qui produirait la maladie de la *Brunissure*, constatée chez un grand nombre de plantes sans distinction de familles, très fréquente chez la vigne, ce qui lui a valu son nom.

Notre étude sur ces corps s'est bornée à l'examen des bois des tourbières et à suivre les transformations que nous avons indiquées, d'une part pour les grains d'amidon, d'autre part, pour le réseau protoplasmique qui les entoure ; de ces transformations résultent les globules et les revêtements colorés des parois internes cellulaires. Leur fréquence dans les cellules fermées des rayons médullaires et du parenchyme ligneux ayant contenu de l'amidon, leur absence ou leur rareté dans les vaisseaux, l'extrême variabilité de leur dimension qui peut aller depuis plus de $20\ \mu$ jusqu'à quelques dixièmes de μ seulement, nous ont porté, dans les exemples que nous avons cités, à admettre la transformation sur place du protoplasma des cellules plutôt que la pénétration un peu irrégulière de plasmodes de *Mixomycètes* dans ces cellules mêmes. La résistance du protoplasma serait due à la présence d'un peu d'acide tannique et la coloration à celle de principes ulmiques (1).

Les parois des cellules et des vaisseaux altérés n'agissent plus sur la lumière polarisée et ne se teignent plus par le chloro-iodure de zinc, mais elles portent à la face interne, les traces nombreuses de Microcoques ; beaucoup de ces microorganismes sont encore adhérents et mesurent $0\mu,5$; la plupart sont immobiles ; toutefois nous avons rencontré, même

(1) Quand on traite une dissolution d'albumine par de l'ulmate d'ammoniaque, on obtient un précipité rouge brun qui présente quelque analogie de teinte et d'inaltérabilité avec les corps en question.

après quatre à cinq mois, d'autres formes coccoïdes de même taille, animées de mouvements browniens, à l'intérieur des lamelles de bois conservées en préparations privées d'air, mais qui sont des spores.

Nous avons désigné cette espèce de Microcoques sous le nom de *Micrococcus paludis* var. β . La FIG. 13, PL. X, sous un grossissement de $\frac{600}{1}$ laisse voir en a, quelques-

uns de ces Microcoques adhérents à la surface d'une cellule de rayon médullaire.

La FIG. 15 montre en a, une colonie bien plus importante, qui remplit une cellule de parenchyme ligneux.

Une autre variété de Microcoques que nous avons désignée sous le nom de *Micrococcus paludis* var. α et qui peut être confondue avec des spores de Bacille à peu près de même dimension, se rencontre également sur les parois des vaisseaux et des cellules (FIG. 14) a, ces Microcoques sont immobiles, souvent engagés dans la cavité qu'ils ont creusée dans les parois b, leur diamètre est de $0\mu,8$ à $0\mu,9$, on les voit quelquefois à l'état de diplocoques.

Ces deux variétés de Microcoques pourraient avoir des fonctions différentes, la variété α s'attaquant plutôt aux épaissements comme on le voit en a (FIG. 14), les cocci semblent disparaître dans l'épaisseur des parois ou d'une sorte de pulpe qui les recouvre. La variété β attaquerait plus spécialement les membranes moyennes des cellules et les cadres elliptiques cloisonnant les vaisseaux.

Nous donnons (PL. XI, FIG. 1 et FIG. 2), en a, deux de ces cadres, les lignes parallèles d'épaississement, et les membranes qui les séparent sont intactes, on ne voit pas de Microcoques. Sur la FIG. 2, même planche, les membranes qui séparent les lignes d'épaississe-

ment, et ces lignes elles-mêmes, sont couvertes d'une quantité innombrable de ces organismes, qui ne mesurent que $0\mu,5$ de diamètre.

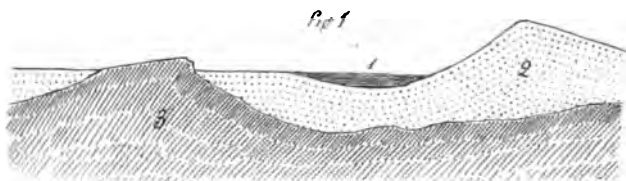
La présence de Champignons saprophytes est presque constante au milieu du tissu du bois des tourbières, dans celle de Fragny nous en avons rencontré de nombreux exemples, sous la forme de longs filaments, incolores ou colorés en jaune brun, souvent dichotomes, mesurant en diamètre les uns 4 à 5μ , les autres $1\mu,5$. Les FIG. 1, c; 4 et 5 b, montrent plusieurs rameaux simples ou bifurqués, dirigés à l'intérieur du bois décomposé. On voit souvent les filaments mycéliens recouverts d'une gaine de détritux agglutinés, au milieu desquels on distingue des Microcoques; peut-être est-ce une portion de la pulpe que nous avons déjà signalée à plusieurs reprises dans les cellules et qui contient des Cocci (PL. XI, FIG. 6 b). Nous ne pouvons que signaler ces Champignons, dont nous ne connaissons pas les fructifications. Les spores nombreuses dont quelques-unes ont germé (PL. XI, FIG. 3 b), en donnant naissance à des filaments semblables à ceux que nous avons mentionnés, peuvent leur être rapportées, les dimensions de ces spores sont 9μ en largeur et les filaments qui en sortent mesurent 4μ .

TOURBIÈRE DE LOURADOU (1)

La tourbière est située en amont et en contact de la moraine de Louradou, elle occupe le fond du cirque glaciaire qui précède cette moraine frontale quaternaire.

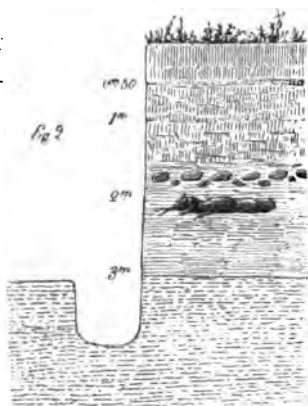
(1) M. Marty, Conservateur du Musée d'histoire naturelle d'Aurillac, a bien voulu nous fournir et les renseignements relatifs à cette tourbière, et les échantillons de tourbe nécessaires à cette étude. Nous le prions d'agréer nos sincères remerciements.

N. E. - S. O. (axe de la vallée de la Cère).



LÉGENDE

- 1° Tourbière à la cote de 620 mètres.
- 2° Moraine frontale.
- 3° Micaschiste à la cote de 625 mètres.



COUPE DU SONDAGE

- N° 1. Tourbe jaunâtre.
- N° 2. Tourbe brune.
- N° 3. Tourbe noire.
- N° 4. Galets apportés des pentes voisines par quelque orage.
- N° 5. Tronc d'Aulne d'où proviennent les échantillons de bois, il repose sur de la tourbe noire.
- N° 6. Vase argileuse grise à grains de quartz.

Parmi les plantes qui croissent à la surface de la tourbière, on peut citer : l'*Alnus glutinosa*, le *Salix cinerea*, quelques mousses, des *Polytrichs* mais pas de *Sphaignes* : des *Carex*, des *Scirpus*, le *Tragopogon pratensis*, le *Parnassia palustris*, le *Lychnis flosculus*, *Ranunculus* sp., etc.

Si l'on délaye un peu de tourbe noire prise à un mètre de profondeur, avec de l'eau, sous un grossissement de deux cents diamètres (FIG. 15, PL. XI), on remarque une assez forte proportion c c, de masses, brunes, molles, de formes irrégulières, floconneuses, montrant quelques Bactéries sur leurs bords un peu

moins foncés; ce sont sans doute les produits de désorganisation de tissus végétaux plus altérables, qui formeront la matière fondamentale entourant les quelques débris à structure reconnaissable lorsque la tourbe sera comprimée et sèche. En *a*, on voit un endoderme cylindrique d'une racine, les autres tissus de la racine ont été décomposés ou ont été entraînés; en *b*, se trouve l'endoderme d'une autre radicelle, l'intérieur complètement vide a servi de refuge à quelque animal aquatique pour y déposer des œufs que l'on aperçoit à travers le tissu de l'endoderme. Il n'est pas rare de rencontrer deux cylindres concentriques emboîtés l'un dans l'autre, sans trace d'aucun autre tissu; l'un représente l'épiderme, l'autre l'endoderme de ramules.

A une profondeur de deux mètres (FIG. 1. PL. XIII), la tourbe présente à peu près le même aspect qu'à un mètre; en effet, en *a*, on voit un fragment d'endoderme avec les plissements caractéristiques des cellules, sans autre tissu qui l'accompagne, quelques cellules épidermiques en *b*, et en *d*, les masses amorphes de la matière fondamentale.

La tourbe de Louradou est donc faite à partir de un mètre au-dessous de la surface du sol.

Nous n'avons pas rencontré dans les différentes coupes faites dans le bois d'Aulne de traces de grains d'amidon, celui-ci avait disparu complètement, il est vrai que tous les échantillons de tourbe que nous avons reçus avaient été prélevés à une profondeur de plus de cinquante centimètres au-dessous de la surface et qu'à cette distance les grains d'amidon devaient être dissous.

Toutefois les rayons cellulaires et les cellules de parenchyme ligneux qui les contenaient sont remplis de globules semblables à ceux que nous avons décrits dans le bois de Bouleau de la tourbière de Fragny.

La FIG. 2, PL. XIII, montre le protoplasma sous la forme de globules de tailles très variées rouge brun, pleins ou contenant une ou plusieurs vacuoles.

Bactériacées.

Les Bactériacées se trouvent en nombre considérable dans les eaux de la tourbière, sur les menus débris de végétaux et à l'intérieur des fragments de bois enfouis à différentes profondeurs dans la tourbe. Nous avons étudié à ce point de vue surtout le bois du tronc d'Aulne placé à deux mètres au-dessous de la surface (FIG. 2 du texte).

Nous donnons (FIG. 7, PL. XI) une coupe longitudinale radiale de deux vaisseaux ; en a, se trouvent de nombreux Microcoques dont les uns paraissent adhérents à la paroi, les autres plongés dans l'épaisseur de celle-ci ou de la couche pulpeuse qui la recouvre. En b, la surface est libre, mais on ne voit pas d'ornements. Le grossissement est de douze cents diamètres.

La FIG. 8 nous montre, sous le même grossissement, une coupe passant par un rayon cellulaire ligneux ; là encore les Microcoques paraissent les uns à la surface, les autres plongés à une profondeur variable dans l'épaisseur de la membrane ; sur la paroi cellulaire verticale du milieu de la figure on voit nettement les échancrures produites par le travail de ces microorganismes, leur taille est de $0\mu,8$ à 1μ , c'est sans doute la même espèce que nous avons rencontrée dans le bois de Bouleau de la tourbe de Fragny.

Il est assez fréquent de trouver dans l'intérieur des cellules et des vaisseaux des amas de corpuscules arrondis animés de mouvements browniens assez étendus, mesurant $0\mu,8$ à 1μ , que tout d'abord nous avons pris pour des Microcoques ; ces corpuscules paraissent

munis d'un côté d'une sorte d'appendice diaphane, soumis à l'Institut Pasteur à l'action de réactifs colorants; ils se sont montrés assez réfractaires, on en a conclu qu'ils représentaient des arthrospores de Bacilles, l'appendice serait une portion de la membrane du Bacille restée adhérente à la spore.

Nous donnons (PL. XI, Fig. 9 et 10), sous un grossissement de 1.200 diamètres et PL. XIII, Fig. 4, la reproduction de quelques-unes de ces spores, qui pourraient être confondues avec le *Micrococcus paludis*, var. α à cause de ses dimensions, mais qui s'en distinguent toutefois : par leur position au milieu du mucilage qui remplit les cellules, par l'appendice diaphane qui les surmonte d'un côté, et par la persistance, prolongée pendant des mois, de leur mouvement brownien; ce mouvement est la cause du peu de netteté que l'on constate sur les photographies. Nous indiquons plus loin l'origine de ces spores.

Nous avons déjà signalé le *M. paludis* var. β , dans la tourbière de Fragny (voir PL. X, Fig. 15). Cette variété se rencontre très fréquemment aussi dans les fragments de bois décomposé de Louradou. La Fig. 12, PL. XI, montre sous un grossissement de 1.200 diamètres la paroi d'un vaisseau couverte de *Micrococcus paludis* var. β , la surface est profondément corrodée, les Microcoques se montrent au microscope sous la forme de petites sphères noires ou brillantes suivant la position de l'objectif.

La Fig. 11, PL. XI, donne avec le même grossissement le *Micrococcus paludis* var. α , afin de permettre de comparer leur grandeur relative et leur position, la var. β paraît adhérente aux membranes moyennes et la var. α est plus ou moins enfoncée dans les épaississements.

Les Bacilles sont assez communs dans les bois de

la tourbière de Louradou. Nous citerons les formes suivantes :

Bacillus agilis. — Cellules très mobiles, difficiles à observer à cause de leur petitesse et de la rapidité de leurs évolutions ; elles sont fusiformes, mesurent $1\mu,6$ en longueur et $0\mu,8$ dans la partie la plus large, elles forment des colonies assez denses mais peu distinctes au milieu du mucilage qui les entoure.

Bacillus rigidus. — Ce Bacille se présente sous la forme de bâtonnets longs de 4 à 12μ et larges de $0\mu,6$, rigides, transparents ; leur membrane, peu distincte, atteint $0\mu,1$ à $0\mu,2$, ils se déplacent lentement en oscillant autour de leur centre de gravité. Les articles longs de 4μ restent soudés entre eux, sans qu'il soit possible de distinguer les cloisons communes, ils ne paraissent pas former de colonies à l'intérieur des cellules.

Streptocoques. — Les Streptocoques sont assez fréquents, nous signalerons les deux variétés suivantes que l'on rencontre à l'intérieur et à l'extérieur du tissu de bois d'Aulne.

Streptococcus diffluens α . — Les chainettes sont de grandeur et de forme variables. Les Cocci qui les composent sont transparents, réunis au nombre de deux à vingt a , b (Fig. 4, PL. XII), et larges de $0\mu,8$. La chainette est rectiligne b (Fig. 4), courbée en arc a , a (Fig. 2) ou terminée en crochet a (Fig. 4), quelquefois ondulée ou sinueuse b (Fig. 2). Quand elle est rectiligne, sa longueur peut atteindre 20μ . Elle est mobile sous ces différents aspects, mais sans changement de forme elle se déplace tout d'une pièce ; exposée à l'air, les individus qui la composent se séparent et se présentent en colonies composées d'un nombre immenso de spores c , b (Fig. 5). En a , on voit une chainette qui ne s'est pas encore désarticulée.

La variété β , est constituée par des individus qui ne mesurent que $0\mu,4$ de diamètre, à peine visibles, elle présente les mêmes variations de forme que la précédente, se désarticule rapidement quand on la monte en cellules pour le microscope.

Ces différents Streptocoques peuvent former des colonies très denses qui remplissent la cavité des cellules et des vaisseaux et sont très difficiles à distinguer.

Cladothryx. — Le genre *Cladothryx* (*Streptothryx* de certains auteurs) caractérisé par l'existence d'une ramification vraie de filaments (1) existe à l'intérieur du bois d'Aulne de la tourbière que nous étudions.

Les espèces de ce groupe sont très répandues dans la nature, elles abondent dans l'air, l'eau, le sol surtout. On peut penser qu'elles jouent un rôle très important dans la formation des composés ulmiques, comme le démontre l'action qu'elles exercent sur beaucoup de végétaux et l'odeur prononcée de terreau qui se développe pendant le travail de décomposition.

Nous décrivons l'espèce suivante que nous devons à M. P. Marty (2).

Cladothryx Martyi, Bactériacée filamenteuse anaérobie, à éléments droits dépourvus de gaine, produisant à l'intérieur des cellules et des vaisseaux ligneux, des chaînettes de longueur variable, rectilignes ou sinueuses qui se continuent à l'une de leurs extrémités en deux branches semblables entre elles ; celle que nous avons

(1) Voir Macé, *Traité de Bactériologie*, 1897.

(2) M. Marty a bien voulu récolter les échantillons de tourbe, en prenant les précautions indispensables pour conserver à l'état vivant beaucoup de Bactériacées anaérobies, qui se trouvent dans les fragments de bois de la tourbière de Louradou.

observée a (Fig. 3 du texte) portait sept articles, et les deux branches chacune 4 et 5. L'angle d'écartement de ces deux branches est de 120° .

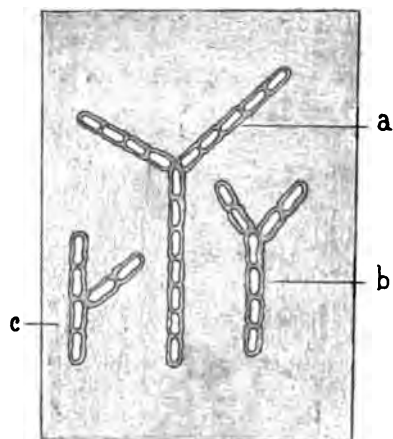


FIG. 3.

Cladothryx Martyn

a, Rameau composé de sept articles bifurqué à son extrémité.

b, Rameau plus petit également bifurqué.

c, Rameau présentant une ramification latérale.

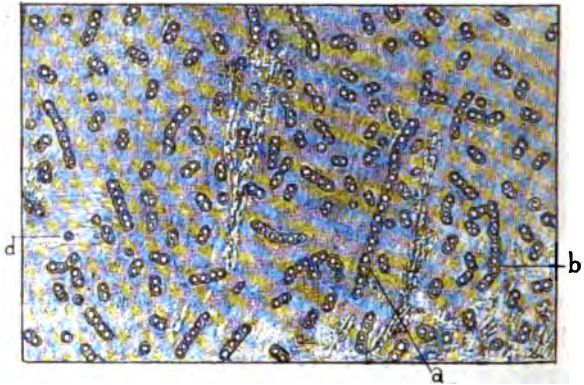
Quelquefois la ramification au lieu de *simuler* une dichotomie, paraît latérale par rapport au rameau principal c.

Nous ne pouvons indiquer la grandeur que pourraient atteindre les rameaux de ce *Cladothryx*, ni l'importance de ses ramifications, car nous n'avons pas observé d'individu complet, le mode d'extraction effectué soit au moyen d'un tube de verre effilé, soit par une légère pression sur le fragment de bois qui les renferme ne pouvant donner que des *Cladothryx* certainement incomplets.

La Fig. 4 représente le dessin d'après une photographie d'un petit nombre de chaînettes incomplètes composées de deux à dix articles, mais aucune ne montre de bifurcation; cela tient à la rapidité avec laquelle la désarticulation s'effectue lorsque le liquide qui les renferme a été exposé quelques instants à l'air.

Les portions ramifiées (Fig. 3) ont été dessinées à la sortie du liquide du fragment de bois légèrement pressé; quelques minutes après, les rameaux étaient détachés les uns des autres, et eux-mêmes se désarticulaient en grande partie comme le montre la Fig. 4 où l'on ne voit plus que quelques chaînettes fragmentées.

FIG. 4.



Cladothryx Martyi. Gros. $\frac{1500}{1}$

a, b, Chainettes composées d'un certain nombre d'articles encore réunis;
d, spore provenant de la division d'un article en deux parties.

La Fig. 5 montre une division encore plus avancée, la plupart des chainettes ont fini par se résoudre en individus isolés ou simplement groupés par deux.

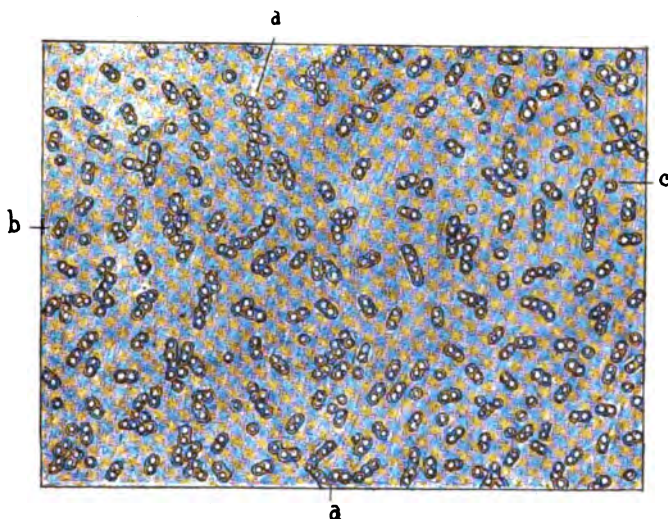
C'est à cet état que l'on rencontre le plus souvent le *Cladothryx* à l'intérieur des cellules et des vaisseaux (Fig. 7, 8, Pl. XIII a).

Les articles ou bâtonnets mesurent $2\mu 5$ de longueur, et $1\mu 2$ de largeur, ils sont mobiles, arrondis aux deux extrémités, l'épaisseur de la membrane est de $0\mu 2$ environ; le contenu est très réfringent, ce qui fait paraître l'enveloppe plus foncée.

Quand les circonstances sont défavorables les articles eux-mêmes subissent une division.

Le protoplasma de chacun d'eux se réunit en deux masses distinctes, s'arrondit, l'enveloppe s'étrangle peu à peu comme on le voit en a (Fig. 6 du texte), les deux moitiés se séparent et constituent chacune une spore d'attente.

FIG. 5.



Cladothryx Martyi se désarticulant $\frac{1500}{1}$

a, a, Chainettes brisées ; b, article séparé ; c, une des deux spores.

Ce travail de séparation s'effectue tout aussi bien à l'intérieur des cellules et des vaisseaux du bois que dans le liquide extrait de celui-ci.

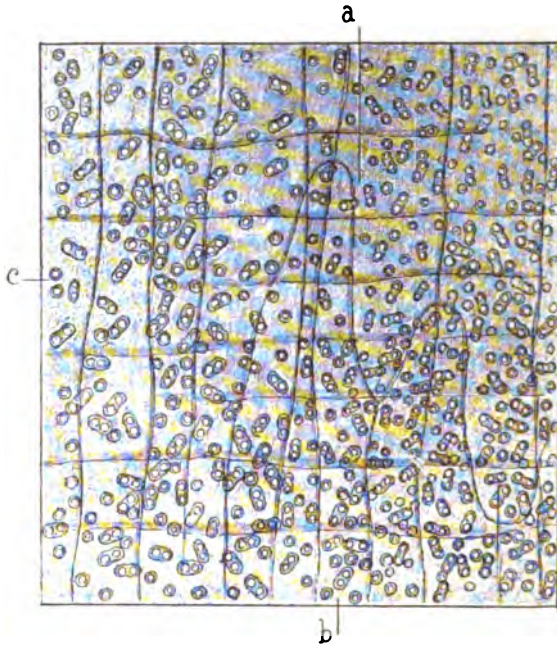
La FIG. 6 représente une quantité considérable d'articles isolés, à tous les états de rupture que nous venons d'énumérer. On y voit un certain nombre de spores isolées, leur diamètre est de $0\mu,8$ environ, c'est-à-dire à peu près les mêmes dimensions que les spores que nous avons décrites plus haut.

Il est permis de croire que le *Cladothryx Martyi* est une Bactériacée endosporée dont les articles disposés en chainettes peuvent donner plusieurs

ramifications. Les colonies qu'il peut former à l'intérieur du bois des tourbières sont fort importantes, et contribuent sans doute dans une large part à la transformation des végétaux en tourbe.

La culture des spores que nous avons décrites plus haut est toutefois indispensable pour s'assurer si elles reproduisent bien le *Cladothryx Martyi*.

FIG. 6.



Bois d'Aulne envahi par le *Cladothryx Martyi*

a, Article s'étranglant vers son milieu ; b, articles et spores ;
c, spores isolées.

Nous devons ajouter que quelques-unes de nos préparations nous ont montré deux groupements intéressants : le premier est l'association de trois spores . . . dont une un peu plus développée que les deux autres, le second celle de trois Bacilles disposés comme les rayons d'une étoile γ . Il est clair que l'on

pourrait voir les premiers développements du *Cladothryx Martyi* dans ces deux formes de groupement.

En effet, les Bacilles disposés comme les rayons d'une étoile forment entre eux un angle de 120° , mesurent $0,8 \mu$ de diamètre et $1,6$ à 2μ de longueur, suivant leur état de développement, en se multipliant, ils donneraient naissance au *Cladothryx a*, de la Fig. 3, les branches n'ayant pas nécessairement un accroissement égal.

Il n'est pas rare de rencontrer dans les bois recueillis dans la tourbière de Fragny des organismes ayant la forme de fourche Y, les petites branches ne forment entre elles qu'un angle de 60° environ, et avec la grande, un angle de 150° , les deux petites atteignent à peine 3 à 4μ de longueur, la plus grande 8 à 10μ , la largeur commune est de $0,8 \mu$, on ne peut confondre ces organismes avec le *Cladothryx Martyi*, car ils ne montrent aucune trace d'articles même sous un grossissement de douze à quinze cents diamètres, de plus ils ne semblent pas se désarticuler. Nous reviendrons sur ce sujet.

CHAMPIGNONS

Les spores et les filaments mycéliens de Champignons sont assez communs dans les fragments végétaux de la tourbière de Louradou, mais en l'absence de toute fructification il n'est guère possible de les déterminer, le plus souvent leur développement se borne à la production de filaments qui s'introduisent et s'étendent dans les méats cellulaires, ou à l'intérieur des vaisseaux ; d'autres fois la spore germe à l'intérieur des cellules, le filament s'allonge, se contourne et finit par en occuper toute la cavité. Nous ne signalerons que les espèces suivantes.

HYPHOMYCETES RAMOSUS

FIG. 13, 14, PL. XI. Gros. $\frac{300}{4}$ et $\frac{925}{4}$.

Champignon se développant à l'intérieur de la cavité des vaisseaux en un mycelium compact et feutré, les rameaux extrêmement courts ne mesurent que 3μ environ de longueur et 1μ de largeur, leur petitesse provient de dichotomies successives, fréquentes qui, en multipliant les branches, forment bientôt un feutrage épais que la lumière a peine à traverser.

Cette forme de champignon rappelle dans une certaine mesure l'*Hyphomycetes Rochei* et l'*Anthracomycetes cannellensis* que nous décrirons plus loin, mais les ramules libres ne sont pas terminés par des spores comme chez ce dernier.

Nous ne pensons pas que ce Champignon prenne naissance à l'extérieur des cellules du bois, mais que les spores s'introduisent dans les vaisseaux, y germent et s'y développent en un mycélium dense et épais.

PENICILLIUM LONGICAULE

FIG. 6, PL. XII. Gros. $\frac{180}{4}$.

Rameaux allongés, quelquefois dichotomes, formés de cellules longues de 16 à 17μ et larges de 3 , terminés par un bouquet de 5 à 7 chaînettes longues de 15 à 20μ composées chacune de 6 à 8 spores ne mesurant que $2\mu,5$ de diamètre.

Ce Champignon a pu fructifier à l'intérieur d'une préparation close contenant une coupe de bois d'Aulne grâce à une petite quantité d'air qu'une fissure du lute avait laissé pénétrer.

Le bois d'Aulne de la tourbière de Louradou contient encore dans son tissu des corps sphériques *a, b* (Fig. 7,

PL. XII) ou ellipsoïdaux, à parois minces, transparentes contenant un liquide clair dans lequel se meuvent très rapidement des corpuscules de tailles et de formes variées, la vivacité du mouvement brownien qui les anime ne permet pas de déterminer sûrement *leur forme et leurs dimensions*.

Nous avons examiné quelques autres tourbes, mais sans en faire une étude détaillée, nous ne signalerons que les premiers résultats acquis.

TOURBIÈRE DE FORACE (Jura).

Cette tourbière peu profonde est soumise à des dessiccations partielles, temporaires, qui permettent à de nombreux Champignons de se développer.

Nous donnons (FIG. 8, PL. XII) une coupe radiale d'un fragment de bois d'Aulne sous un grossissement de $\frac{280}{1}$. En *a*, on voit un mycélium de Champignon saprophyte d'où partent plusieurs filaments qui pénètrent entre les cellules d'un rayon médullaire et se ramifient assez fréquemment. Le diamètre des filaments n'est que de $3\ \mu$, et la longueur des cellules de $10\ \mu$ environ.

La même préparation montre en *c*, un filament replié sur lui-même et en contact avec la face interne d'une cellule dont il fait le tour, dans d'autres cellules en *b* et en *d*, la croissance du filament a déterminé l'obstruction complète de la cellule, les articles sont courts et leur longueur ne dépasse pas beaucoup leur largeur qui est de $0,4\ \mu$. Cette variété de Saprophyte se voit encore sur la FIG. 10 en *a* et en *b*, les filaments quittant les parois des cellules se redressent à l'intérieur, en *c*, la cellule se trouve en partie remplie; en *b* (FIG. 12, PL. XII) toute la cavité est pleine d'articles polyédriques du Champi-

gnon dans lesquels on distingue souvent une masse sphérique qui pourrait être considérée comme une jeune spore.

Les spores sont du reste assez fréquentes dans les cellules des rayons comme on peut le voir en *a*, Fig. 9, en *d*, Fig. 10.

Les Bactériacées sont plus rares dans les échantillons contenant beaucoup de mycéliums de Champignons, que dans ceux qui en sont dépourvus, nous n'avons rencontré des Microcoques que dans les régions où les filaments ne s'étaient pas développés. La Fig. 9, Pl. XII en montre une colonie en *b* sous un grossissement de $\frac{280}{1}$ seulement.

TOURBIÈRE DE FLAMERANS

La tourbière de Flamerans, près Auxonne, nous a fourni des fragments de bois très altérés par le travail alternatif des Microcoques et des Champignons, les tissus sont creusés de lacunes, les parois déchiquetées (Fig. 14); en *a*, se trouvent des filaments mycéliens qui ont envahi le tissu, ce dernier a disparu en beaucoup d'endroits, mais le Champignon plus résistant a persisté.

TOURBIÈRES DIVERSES

La Fig. 11 représente une coupe faite dans une tourbe de Madagascar, sous un grossissement de $\frac{125}{1}$.

Au milieu d'une matière fondamentale très foncée, on remarque la section d'un corps organisé dont il est difficile de définir la nature, l'espace vide intérieur est entouré d'une membrane amorphe ondulée *c*; extérieurement se trouve un tissu profondément altéré qui contient de nombreux tubes à section transversale

circulaire ou elliptique *a, b*. Cet échantillon de tourbe contient de nombreux débris d'épiderme, de faisceaux vasculaires, de tissus ligneux et cellulaires décomposés; la FIG. 13 reproduit la section d'un fragment d'écorce, en *a*, se trouve un amas de Microcoques, en *b*, des cellules dont les parois quoique froissées sont encore reconnaissables, en *c*, un amas de corps coccoïdes, enfin en *d* des cellules remplies d'une substance rouge foncé peut-être résinoïde. Les figures que nous venons de donner ont été faites sur les régions les moins altérées, on peut donc juger d'après cela de l'état de désorganisation que peuvent atteindre les débris de végétaux dans les tourbes faites.

Tourbe de Saint-Mihiel (Açores).

Cette tourbe se montre également dans un état de décomposition très avancé; sur la FIG. 15 on voit des sporanges sans anneau, arrondis, quelquefois polyédriques à cause de leur pression mutuelle, mesurant $50\ \mu$, à parois épaisses *a, b*, renfermant des spores ellipsoïdales mesurant $15\ \mu$ et $8\ \mu$ suivant le grand et le petit axe, les parois de ces spores sont souvent plissées et assez épaisses. La plupart des sporanges sont ouverts et ont laissé échapper leur contenu, la matière fondamentale qui les entoure ne présente pas de débris organisé.

Tourbe de Jourdan (Landes).

La tourbière de Jourdan renferme une quantité considérable de sable fin siliceux mélangé de carapaces de Diatomées marines, la plupart brisées ou usées par le frottement. La partie faite de la tourbe ne diffère pas d'aspect de la tourbe noire de Fragny ou de Louradou; en *a* (FIG. 10, PL. XIII) on voit en effet des débris de vaisseaux rayés; en *b*, des cellules de liège; en *c*, des

cellules à minces parois presque complètement détruites; enfin, en *d*, marqué *a* par erreur, des portions de matière fondamentale sans structure.

Tourbe du Jura (Pl. XIII).

Sur la Fig. 11 nous donnons avec un grossissement de 200 diamètres un fragment de tourbe noire dans lequel on peut distinguer en *a*, une fibre libérienne, en *b*, un grain de pollen d'Abiétinée, en *c*, une portion de paroi de cellule de Sphaigne et, dissiminés, divers flocons de matière fondamentale.

Tourbe de Septveilles (Fig. 12, Pl. XIII).

En *a*, on voit un fragment de bois indéterminable couvert de microcoques, la surface en est profondément corrodée; en *b*, un filament mycélien et de nombreux fragments de matière fondamentale dispersés dans le liquide. On rencontre quelquefois des fragments de rhizomes (probablement de Fougères) (Fig. 13) dont le tissu cellulaire est complètement désorganisé et a produit la matière fondamentale *e*. Certaines cellules étaient remplies ou tapissées intérieurement d'une substance rouge brun analogue, sans doute, à celle que nous avons décrite plus haut et que nous avons regardée comme une modification du protoplasma et des grains d'amidon contenus dans les rayons cellulaires et les cellules de parenchyme. Les parois des cellules sont détruites, il ne reste plus que le contenu qui, nous le savons, offre une résistance considérable à la décomposition. Ces moulages internes des cellules sont sphériques ou ovoïdes (Fig. 13) *a*, plus ou moins allongés *b*, *c*, entièrement creux *a*, ou bien contenant plusieurs vacuoles *b, c, d*. La Fig. 14 présente un de ces moulages avec un grossissement de 1.200 diamètres, la matière fondamentale environnante, en même temps que des

granulations étrangères, paraît renfermer de nombreuses formes coccoïdes.

Ces modifications du protoplasma et des grains d'amidon sont d'un aspect tout différent de celui offert par les gouttelettes de résine que l'on rencontre dans quelques bois de Conifères. Nous donnons FIG. 15, PL. XIII une coupe longitudinale provenant d'un bois de Conifère de la tourbière de Owari (Japon), vue sous un grossissement de $\frac{201}{1}$.

Les trachéides profondément travaillées par les Bactériacées dont on voit les traces nombreuses, sous forme de Microcoques disposés en chapelet, ont perdu leurs ornements, le bois est traversé par des canaux résineux qui renferment des gouttelettes de résine *b, b'* variées de formes et de dimensions; elles sont *pleines* et non remplies de vacuoles comme cela arrive pour les modifications du protoplasma que nous avons décrites précédemment; de plus elles ne sont pas localisées dans les cellules des rayons médullaires mais dans des canaux spéciaux.

En résumé les tourbes *faites* sont formées par l'accumulation de débris végétaux qui ont résisté à une macération prolongée. Nous avons donné une liste bien incomplète des plantes qui dans les régions septentrionales de l'Europe pouvaient concourir à l'alimentation des tourbières, il serait utile non seulement de compléter cette liste mais encore d'y ajouter celles qui dans les pays méridionaux jouent un rôle dans leur formation.

On sait que la plupart des décompositions chimiques qui accompagnent les macérations sont dues à la présence d'êtres microscopiques animaux et végétaux et que parmi ces derniers les Champignons saprophytes

et les Bactériacées sont les agents les plus actifs de ces décompositions.

Nous avons constaté dans les fragments de bois des tourbières les mycéliums de nombreux Champignons dont les uns s'insinuaient entre les cellules ou dans les méats et les autres se développaient soit dans les vaisseaux, soit à l'intérieur des cellules, qu'ils finissent par remplir. Nous avons fait remarquer que là où les mycéliums étaient abondants les Bactériacées étaient peu nombreuses et que, d'un autre côté, là où se trouvaient un grand nombre de Bactériacées les mycéliums étaient rares. Nous avons signalé plusieurs Bactériacées appartenant aux genres Microcoque, Bacille, Streptocoque et *Cladothryx* souvent en quantité considérable, à l'intérieur des vaisseaux et des cellules des fragments de bois enfouis dans la tourbière. Leur présence à l'intérieur des éléments ligneux paraît constamment accompagnée de la production d'une sorte de pulpe formée soit aux dépens des parties non digérées des parois cellulaires, soit de quelques produits insolubles provenant de cette digestion. Les Bactériacées mobiles se déplacent au sein de cette pulpe qui n'arrête pas le mouvement brownien des petits corps tenus en suspension, des spores, entre autres, provenant de la sporulation des *Cladothryx*.

La plupart des Bactériacées qui s'attaquent aux fragments de végétaux placés à une certaine profondeur au-dessous de la surface sont anaérobies, il est facile de comprendre que si le niveau de l'eau baisse dans la tourbière, la présence de l'air tuera ces micro-organismes ou déterminera la formation de spores d'attente dans les fragments de bois restés en place; le milieu devenant plus favorable aux Champignons les mycéliums s'y développeront. Un même fragment peut donc être soumis à des envahissements alternatifs

de Bactériacées anaérobies et de mycéliums de Champignons.

Nous avons fait remarquer que les parties les plus altérables des organes végétaux, amidon, cellules à minces parois, fibres ligneuses, vaisseaux, etc., disparaissaient successivement sous l'influence microbienne et qu'il ne restait au bout d'un temps plus ou moins long que les cellules d'épiderme, de liège, des cuticules, des grains de pollen, des spores, etc. Les nombreuses figures représentant des tourbes faites confirment ces remarques. La composition des tourbes doit donc varier suivant qu'elle est déterminée d'après des échantillons plus ou moins éloignés de la surface et s'écarter dès lors plus ou moins de la composition de la cellulose puisque les tissus les plus altérables sont enlevés successivement.

Les rapports du carbone à l'hydrogène et à l'oxygène sont pour la cellulose :

$$\frac{C}{H} = 7,2, \quad \frac{C}{O} = 0,9$$

En prenant la moyenne des analyses de tourbes que nous avons données plus haut, c'est-à-dire $C = 57,64$; $H = 5,88$; $O = 31,36$.

Nous obtenons pour ces mêmes rapports

$$\frac{C}{H} = 9,8 \text{ et } \frac{C}{O} = 1,8$$

Il y a donc eu perte d'hydrogène et d'oxygène et la matière s'est enrichie en carbone ; cet enrichissement provient en partie de ce que les différents organes qui ont résisté sont plus riches en carbone que la cellulose et en partie aussi, de ce qu'ils sont plus ou moins imprégnés d'acide ulmique.

Si nous adoptons pour la composition de cet acide les chiffres suivants :

$$C = 65,31 ; H = 3,85 ; O = 30,83,$$

nous obtenons les rapports :

$$\frac{C}{H} = 16,9 \quad \frac{C}{O} = 2,1$$

La proportion d'hydrogène est sensiblement plus faible que dans les tourbes tandis que le carbone s'y trouve en plus forte proportion.

Il serait intéressant de connaître la composition des restes végétaux débarrassés d'acide ulmique pour être renseigné sur la limite à laquelle s'arrête l'action des microorganismes des tourbes.

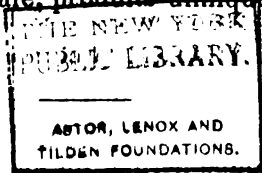
Les différentes figures de tourbe délayée dans un peu d'eau que nous avons données, montrent que les fragments de plantes qui ont persisté et qui sont encore reconnaissables (FIG. 15 PL. XI; FIG. 1, 10, 11, 12, PL. XIII), sont accompagnés de flocons mucilagineux, en proportions variant suivant le degré de décomposition des matières organiques ; ces flocons renferment un certain nombre de Microcoques ou de spores de Bacilles, ils proviennent sans doute en partie de la pulpe que nous avons signalée à l'intérieur des cellules et qui est devenue libre par la destruction des parois, et en partie de menus débris non dissous retenus par cette sorte de mucilage ; dans les tourbières de peu d'épaisseur comme celle de Fragny, la quantité de ces flocons est minime, si on ne prend pas la tourbe près du fond ; c'est ce qui nous a fait dire qu'elle ne présentait pas de matière fondamentale englobant les restes de végétaux conservés, comparable à celle de certains lignites. Cette assertion est

comme on le voit trop absolue et ne pourrait servir à différencier ces deux genres de combustibles.

On peut donc se figurer la tourbe faite comme une accumulation de débris végétaux ayant résisté à l'action bactérienne, plus riche en carbone à cause d'une sorte de sélection qui a éliminé les tissus plus altérables dont la composition se rapprochait de la cellulose. Entre ces débris végétaux se trouvent de nombreux flocons mucilagineux provenant à titres divers du travail des microorganismes. La production de composés ulmiques est certaine puisqu'on les retrouve, soit en dissolution dans les eaux brunes qui s'écoulent des tourbières, soit en combinaison avec certains des restes végétaux.

Si nous supposons que cette tourbe se dessèche sous une légère pression, chacun des débris sera soudé à son voisin par les flocons mucilagineux que la pression forcera à pénétrer dans les interstices, et le tout formera après dessiccation complète une masse compacte et assez tenace pour que l'on puisse faire des préparations pour le microscope, comme nous l'avons indiqué plus haut, cette masse contiendra en outre tous les produits ulmiques qui se seront fixés sur les débris qu'elle renferme.

Dans les tourbes que nous avons examinées, il semble que l'action destructive des Bactéries se soit arrêtée à une certaine limite que l'analyse chimique pourrait fixer après avoir éliminé les produits de la destruction, matière fondamentale, produits ulmiques, etc.



LIGNITES

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Les Lignites sont des combustibles fossiles de date généralement plus ancienne que les tourbes, quoique certains savants admettent qu'il s'en forme encore de nos jours et même avec une certaine rapidité. Ils s'allument et brûlent avec facilité, souvent sans se bour-soufler, leur combustion est accompagnée de fumée et d'odeur bitumineuse quelquefois fort désagréable. La distillation leur fait perdre 50 à 60 % de matières volatiles, donnant divers carbures d'hydrogène, de l'acide pyroligneux et dans certains cas des quantités notables de paraffine.

Leur aspect est variable, suivant leur âge géologique, les provenances, et même simplement suivant les lits superposés d'une même couche. Nous distinguerons trois catégories de lignites, déterminées d'après leur état d'altération :

1° Tantôt ils sont brun-jaunâtre, terreux et semblent formés d'un mélange d'argile et de menus fragments de végétaux disposés en couches stratifiées. Dans cet état il est difficile d'en tirer des préparations utilisables; tantôt la matière minérale devient plus rare, les fragments de plantes plus volumineux. Les portions de bois, les rameaux, les feuilles et autres débris rencontrés dans les lignites de Durfort, de Saltshausen, de Darmstadt, de Francfort, etc., sont assez intacts pour qu'on puisse en faire l'étude microscopique.

Des plaques minces taillées dans ces lignites montrent les éléments organiques avec leurs ornements distinctifs; la loupe permet de découvrir les plus fines nervures des feuilles, leur épiderme conservé, et il

peut arriver de trouver des fleurs mâles de Conifères, des chatons d'Amentacées, contenant du pollen avec sa coloration jaune primitive, les graines de différentes espèces de plantes y sont fréquentes, et le bois est quelquefois en assez bon état pour être travaillé et poli.

Les divers fragments de végétaux, quoique en contact les uns avec les autres, paraissent simplement superposés et adhérents par compression ; il n'y a que très peu de matière fondamentale qui, primitivement plus ou moins plastique ou fluide, les aurait pénétrés et soudés.

2° Il n'est pas rare de voir les lignites prendre une structure plus compacte, acquérir une certaine tenacité ; ils présentent alors une cassure noire, conchoïde, on ne distingue que difficilement les différents matériaux qui les composent. Ainsi, le lignite crétacé de Fuveau contient plusieurs couches, dont l'une, la Merrette, de structure compacte, semble formée d'une sorte de bouillie végétale parsemée de menus débris un peu mieux reconnaissables. Une autre assise, le *charbon bleu*, contient des tiges herbacées posées à plat, comprimées et à cassure brillante.

Le lignite de Garlaban semble formé, d'après M. Grand'Eury, principalement de tiges aplaties et plus ou moins altérées de l'*Arundo phragmites*.

Celui de Manosque serait composé, d'après de Saporta, presque uniquement de rhizomes de Nymphéacées.

Certains lignites éocènes de l'Hérault, de l'Ain, le Pechkohle des Allemands, présentent également une cassure noire et brillante, sur laquelle il est difficile de reconnaître quelque structure. Des préparations faites dans ces lignites, montrent au microscope une altération profonde des tissus, et ce qu'il en reste est réuni par une substance, brun-rougeâtre, amorphe, qui de-

vient assez facilement transparente et a moulé et pénétré les différents organismes tenus en suspension. Cette substance, que nous avons appelée substance fondamentale, rappelle plus complètement que celle des tourbes la matière analogue que nous avons constatée dans les cannelles, les bogheads et les houilles; elle n'en a pas bien certainement la composition, mais semble en avoir joué le rôle.

3° On donne le nom de lignite xyloïde à celui qui est formé par des troncs de bois comprimés, généralement des Conifères. La structure en est assez facilement reconnaissable, souvent il renferme des produits résinoïdes ou bitumineux. Quelquefois il est injecté de calcaire ou de silice, peut se tailler, prendre un beau poli, il porte alors le nom de jayet.

Les troncs trouvés dans les bancs de lignite sont tantôt isolés dans des bancs argileux, tantôt ils forment des couches plus ou moins épaisses, comme à Saint-André-le-Gaz (Grand'Eury), compactes, sans joints bien marqués, toutefois stratifiées dans l'ensemble, avec un toit et un mur assez bien limité « on a affaire ici à un transport de bois dans un marais peu profond où pouvaient croître quelques herbes ».

C'est à la deuxième catégorie de lignites qu'appartient celui dont nous faisons l'étude plus loin.

Le temps nécessaire pour la transformation du bois en lignite ne paraît pas être très considérable, on rencontre souvent, dans les anciens travaux de mines abandonnées, des débris d'étais de charpente transformés partiellement en ce produit.

Les tissus organiques ne sont pas restés intacts pendant cette transformation; les cellules et les vaisseaux vus au microscope apparaissent déformés par la compression; une partie de leur substance s'est chargée en produits ulmiques, imprégnant plus ou moins, sui-

vant le degré d'altération, le reste du tissu et les matières terreuses dans lesquelles ces débris sont enfouis. Le lignite imprégné de produits ulmiques a l'aspect résineux, luisant du *pechkohle*.

Göppert cite les houillères de Charlottenbrun, dans lesquelles de vieilles charpentes ont été transformées en lignite assez rapidement.

En outre, il mentionne les mines de Turrach, en Styrie, où l'on a rencontré des débris de poutres et de planches, transformés dans l'espace de cinquante à soixante ans en un lignite résineux, luisant, offrant l'apparence de la houille *piciforme*. On a rencontré, ajoute-t-il, un produit analogue dans les sépultures d'Aborigènes de la Bohême.

A Zittau (Lusache supérieure), les couches de lignite encore flexibles, alternent avec des couches de houille *piciforme*. Cette observation montre que la houille *piciforme* s'est formée dans les mêmes conditions générales que le lignite encore flexible, c'est-à-dire par voie humide. La nature des végétaux a pu être une des causes de la différence des produits.

On a souvent cité comme exemple de formation contemporaine de lignite, celle qui se produit à l'embouchure de grands fleuves, les Amazones, le Gange, le Mississipi entre autres.

On sait qu'au printemps ce dernier fleuve et ses affluents débordent et arrachent à leurs rives des plantes de toute nature et de toutes dimensions, qui sont entraînées comme d'immenses radeaux jusque dans le golfe du Mexique. Quand leur imbibition par l'eau est assez complète, elles s'enfoncent et viennent se déposer au fond en couches parallèles. Chaque année cet apport considérable se renouvelle et forme une couche sur la précédente, dont elle n'est séparée que

par une mince couche de vase ou de sable déposée dans l'intervalle de deux inondations.

Préservés du contact de l'oxygène par une couche d'eau épaisse, les végétaux conservés à l'abri de toute combustion atmosphérique, formeront, au bout d'un certain nombre de siècles, un immense amas de combustible fossile passé à l'état de lignite plus ou moins avancé.

On connaît encore cet autre mode de formation de lignite qui se produit à l'embouchure des fleuves à delta, le Gange, le Mississipi, etc. ; entre les branches multiples par lesquelles le fleuve s'écoule à la mer, dans les sables à peine plus élevés que les eaux, il existe souvent de nombreuses lagunes. Le Mississipi nous présente encore une configuration de ce genre ; à son embouchure, sous l'influence d'une chaleur humide des plus favorables à la végétation, il se développe sur ces terres basses de nombreuses plantes herbacées aquatiques. La végétation ne dépasserait guère cette limite si les choses restaient en l'état, mais certaines parties un peu plus élevées se dessèchent et deviennent moins humides, des plantes arborescentes, entre autres le Cyprès chauve, se développent et prennent la place de plantes frutescentes ou herbacées, puis viennent des espèces végétales moins aquatiques, telles que les Chênes verts, etc.

Les débris de plantes herbacées, d'arbrisseaux, de Cyprès, de Chênes tombés de vétusté ou déracinés par les tempêtes, disparaîtraient comme ceux des forêts du continent par l'effet d'une combustion lente effectuée sur le sol et d'une destruction plus rapide due à de nombreux microorganismes, Champignons, Bactériacées, etc., si toute la région ne subissait un affaïssement graduel qui non seulement modifie la configuration superficielle du delta en provoquant de temps à

autre le déplacement des bouches du fleuve, mais en outre, recouvre d'eau salée les troncs tombés et protégés, dès lors, contre la pourriture ordinaire et une destruction complète.

L'apport de nouveaux sables et de nouveaux détritiques rehausse en certains points le niveau du sol ; une nouvelle végétation s'établit, semblable à la première, et l'affaissement lent continuant, une nouvelle couche de combustible se trouve recouverte par les eaux.

Des sondages exécutés en plusieurs points ont montré que sur une épaisseur d'environ 200 mètres, on pouvait compter 10 couches alternantes formées régulièrement de sables et de combustibles, ces derniers disposés comme nous l'avons dit, c'est-à-dire constitués à la base par des débris de plantes herbacées ou frutescentes, au milieu par de nombreux troncs de Cyprés ; enfin au sommet par des tiges de Chênes verts.

Il est clair que, si dans l'avenir un soulèvement succède à l'affaissement actuel, on trouvera là, ainsi que sur l'espace occupé actuellement par le golfe du Mexique, un amas considérable de lignite.

Des couches importantes se préparent à notre époque pour les siècles futurs, mais malgré cette importance, elles sont beaucoup moins étendues et moins nombreuses que celles qui se sont produites pendant les formations tertiaires. Les dépôts de Léoben, de Fohnsdorf en Autriche, de Muskau, de Zittau, de Weissenfels en Allemagne, dont quelques-uns mesurent près de 50 mètres de puissance, de Manosque, du Suessonais en France, etc., et de beaucoup d'autres que l'on pourrait citer, montrent que c'est à cette période que se rapporte le maximum de production de cette variété de combustible fossile.

La période crétacée n'est cependant pas dépourvue de lignite ; on en connaît dans l'Amérique du Nord,

au Canada, au pied des Montagnes Rocheuses. En France, les gisements des Ascrocs (Var), de Fuveau, de Gardanne, où l'on compte 17 couches variant de 1 mètre à 1^m,50, montrent que les conditions de semblables dépôts, vers la fin de la période crétacée, ont été remplies dans un assez grand nombre de localités.

Dans le Lias et le Trias, les lignites sont beaucoup plus rares et disparaissent presque complètement, soit parce que les conditions étaient moins favorables, soit parce que les gisements en petit nombre ont été détruits; ils sont remplacés par des couches de combustibles présentant l'aspect de la houille véritable.

Quelquefois les lignites renferment des fragments irréguliers de bois à cassure noire, fibreuse, tendre, tachant les doigts, rappelant le fusain. Examinées à la lumière réfléchie, les fibres ligneuses laissent voir, souvent, des punctuations aréolées; elles restent opaques à la lumière transmise comme le fusain ordinaire. Nous sommes porté à croire que ces fragments proviennent d'incendies de forêts anciennes, qui n'étaient pas plus assurées contre le feu du ciel que les forêts de nos jours; les branches ou les troncs à demi-consumés pouvaient être facilement entraînés par les eaux, dans lesquelles une chute prématurée, en mettant fin à leur combustion, les préservait d'une destruction plus complète. Cette sorte de combustible se rencontre également dans le terrain houiller, quelquefois même il a été minéralisé par des eaux siliceuses; à cet état il a conservé son aspect superficiel extérieur, sa dureté est devenue naturellement beaucoup plus grande, mais réduit en préparation, il conserve malgré la minceur des lamelles, son opacité ordinaire.

Les différents aspects des lignites que nous avons rappelés plus haut, correspondent sans aucun doute à

des altérations plus ou moins profondes des tissus et à des compositions chimiques différentes, comme on peut s'en convaincre par les tableaux suivants :

COMBUSTIBLES LIGNITOÏDES

Lignite tertiaire parfait de Dax

Coke	Densité	Carbone	Hydrogène	Oxygène et Azote	Cendres
4,9 Pulvérisé	1,27	70,49	5,59	18,93	4,99

Lignite imparfait de Grèce

38,9 Pulvérisé	1,18	61,20	5, »	24,78	9,02
-------------------	------	-------	------	-------	------

Lignite quaternaire d'Usnach (bois fossile)

Pulvérisé	1,16	56,04	5,70	36,07	2,19
-----------	------	-------	------	-------	------

Lignite passant au bitume (Ellbogen)

27,4 Boursouffé	1,15	73,79	7,46	13,79	4,96
--------------------	------	-------	------	-------	------

Asphalte de Cuba

Boursouffé	1,06	79,18	9,30	8,72	2,40
------------	------	-------	------	------	------

Lignite des Bouches-du-Rhône

41	»	63,01	4,58	18,98	13,43
----	---	-------	------	-------	-------

Basses-Alpes

49,5	»	69,05	5,02	22,74	3,01
------	---	-------	------	-------	------

Cuba

9,3	»	74,82	7,25	13,99	3,94
-----	---	-------	------	-------	------

Terre d'Ombre

36,1	»	63,4	4,98	27,11	5,49
------	---	------	------	-------	------

Grèce

38,9	»	60,36	5, »	25,62	9,02
------	---	-------	------	-------	------

Ces chiffres indiquent la composition de combustibles arrivés à des étapes diverses de désorganisation sous l'influence de causes multiples qui nous sont encore peu connues mais du même genre que celles des autres combustibles.

Si nous comparons les rapports du carbone à l'hydrogène et à l'oxygène, nous trouvons pour les lignites parfaits : $\frac{C}{H} = 12,6$; $\frac{C}{O} = 3,6$.

Pour les lignites imparfaits : $\frac{C}{H} = 12,2$; $\frac{C}{O} = 2,4$

ce qui tendrait à faire supposer que l'oxygène s'élimine moins promptement que l'hydrogène.

Cette remarque semble être confirmée par l'analyse du lignite quaternaire d'Usnach qui fournit les rapports suivants : $\frac{C}{H} = 10$ et $\frac{C}{O} = 1,5$. L'élimination de l'oxygène est notablement moins avancée.

Si nous nous reportons à la composition des tourbes que nous avons donnée plus haut, nous avons le rapport $\frac{C}{H} = 9,8$ et $\frac{C}{O} = 1,8$, l'hydrogène et l'oxygène se trouvent donc en proportions plus considérable par rapport au carbone, que dans les lignites parfaits, les tourbes seraient donc moins avancées en décomposition que les lignites.

La cellulose non altérée donne les rapports $\frac{C}{H} = 7,2$. $\frac{C}{O} = 0,9$. Comparativement au carbone, le lignite parfait renferme 4 fois moins d'oxygène que la cellulose, le lignite imparfait 2,6 fois moins seulement ; la perte d'hydrogène est à peu près la même pour tous les deux.

Les tourbes faites d'Abbeville, comparativement au carbone, renferment environ deux fois moins d'oxygène que la cellulose, tandis qu'elles renferment comparativement au carbone de la même substance 1,3 fois moins d'hydrogène. Pour ces tourbes, par conséquent,

l'élimination de l'oxygène aurait été plus rapide que dans les lignites.

Si nous rapprochons de ces chiffres ceux qui résultent de l'analyse d'une houille pure comme celle d'un bois de Cordaïte par exemple, nous obtenons pour les rapports $\frac{H}{C} = 17$ et $\frac{C}{O} = 7$. Par conséquent, relativement au carbone de la cellulose, les pertes d'hydrogène et d'oxygène éprouvées par la houille sont bien plus sensibles que celles supportées par les lignites.

Il semblerait dès lors que si les causes de désoxydation et de déshydrogénation avaient continué d'agir, les lignites auraient pu former de la houille ; mais il n'en est rien, car le lignite qui passe au bitume et qui paraît avoir atteint la limite de ses transformations fournit les rapports suivants : $\frac{C}{H} = 9,89$ et $\frac{C}{O} = 5,35$; l'hydrogène est encore presque le double de celui que l'on trouve dans la houille, l'oxygène s'y rencontre également en proportion plus considérable.

Nous devons donc admettre que les causes qui ont amené la transformation des plantes en tourbes et en lignites ont été et sont moins puissantes que celles qui ont donné naissance à la houille et à l'anthracite, tout en étant peut-être du même ordre.

Nous avons réuni une certaine quantité d'échantillons de lignites variés ; ils proviennent de divers gisements de France, d'Allemagne, d'Italie, du Chili, etc.

Leur étude est loin d'être complète, notre intention est, lorsqu'elle sera achevée, d'en tirer des conclusions sur les conditions indispensables à la formation des lignites, sur les causes qui ont amené les végétaux à l'état de lignite et non à l'état de houille, ces deux genres de combustibles fossiles ayant pu néanmoins se produire pendant la même période géologique.

La connaissance des plantes et des microorganismes encore observables dans les couches de lignites, conduiront peut-être à la solution des problèmes nombreux qui se présentent à l'esprit, et par contre-coup, pourront éclairer plus complètement l'origine de la houille elle-même.

Nous ne pouvons, dans ce travail, passer en revue un grand nombre de lignites, l'espace et le temps nous manquent, nous nous contenterons d'examiner quelques-uns d'entre eux.

Les préparations que nous ont fournies certains lignites de l'Hérault et du Chili nous serviront principalement de base (1).

LIGNITE ÉOCÈNE DE L'HÉRAULT

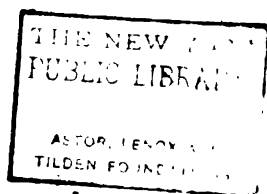
Le combustible en question appartient géologiquement à l'Eocène inférieur. De nombreuses petites Planorbes larges de 5 millimètres, mais indéterminables spécifiquement, sont souvent moulées à la surface des feuillets ; sa constitution indique que l'on a affaire à un lignite fait, car la plupart des tissus végétaux sont entièrement détruits. Les organes de reproduction de Champignons, conidies d'Hyphomycètes entre autres, ont pourtant été assez bien préservés : nous y avons rencontré un certain nombre de cuirasses d'Infusoires.

La première partie de cette étude contiendra la description de quelques Infusoires ; nous laisserons de côté les Foraminifères, Mollusques, etc., dont les débris mêlés d'argile ne font que séparer les lits de lignite ; la seconde s'occupera des organismes végétaux qui ont plus particulièrement concouru à sa formation.

(1) *Etude sur la constitution des Lignites*, Renault et Roche, Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Autun, 1898.

ORGANISMES ANIMAUX

INFUSOIRES



Les Infusoires proprement dits ont tous une enveloppe qui recouvre et protège les organes internes ; ce tégument peut résister à la dessiccation après la mort de l'animal, mais souvent aussi, même lorsqu'il s'est épaissi et présente l'aspect d'une sorte de carapace, il peut diffuser comme les autres organes et se résoudre en fines granulations. Tantôt il ressemble à une mince pellicule, une sorte de vernis ; tantôt il paraît formé de petites plaques chitineuses qui en se soudant peuvent former une sorte de cuirasse plus ou moins résistante.

C'est à cette dernière particularité que nous devons de pouvoir rencontrer à l'état fossile certains de ces infiniment petits.

Le milieu dans lequel vivent les Infusoires est essentiellement propre au développement d'êtres plus petits encore, tels que les Bactériacées, il ne permet pas à leurs dépouilles de leur survivre longtemps ; leurs muscles, leur système digestif et respiratoire, les cils même qui recouvrent une grande partie de leurs organes disparaissent rapidement sous l'influence du travail microbien et il ne reste plus bientôt que des zooglées bactériennes.

Seul le tégument, quand il est devenu corné ou chitineux, a pu être conservé, ainsi que les quelques organes extérieurs suivants.

Cirrhés. — Ce sont des filaments rectilignes, raides, aigus, traversant le tégument et soumis à l'action de muscles internes, qui leur impriment des mouvements rapides et variés. Suivant leur point d'insertion, ils portent le nom de Cirrhés buccaux, ventraux, dorsaux

et marginaux ; les premiers servent principalement aux actes de nutrition, les autres à la marche et à la natation.

Cornicules. — Appendices en forme de crochets ou de corne recourbée, plus courts que les cirrhes, terminés en pointe et allant en s'épaississant rapidement vers la base qui s'implante sur une sorte de bulbe rond et transparent.

Ces organes sont plus spécialement destinés à la marche ; ils ont des mouvements lents ou rapides mais différents de ceux des cirrhes ; ils se meuvent séparément à mesure que l'animal s'avance et marche sur un corps solide quelconque ; ils ont beaucoup d'analogie, comme le remarque de Fromentel, avec les pattes de certains insectes ; cependant, par leur mouvement de rame, ils aident à la progression de l'animal dans l'eau.

Styles. — Ce sont des appendices raides, aplatis, relativement très épais et souvent terminés par un pinceau de poils très fins et taillés obliquement ; ils ont des mouvements de gauche à droite et de droite à gauche, mais assez limités, même pendant que l'animal est en repos.

Cils. — Filaments très fins, d'une ténuité telle que souvent ils échappent à l'observation ; ils traversent le tégument et sont en rapport avec la couche musculaire qui provoque leur mouvement ; ce mouvement est individuel et successif et contribue à faire progresser l'animal, en même temps qu'il détermine des courants dans le liquide, destinés à amener à la bouche les matières alimentaires tenues en suspension dans l'eau.

Ces derniers organes sont si difficiles à voir chez les Infusoires vivants qu'il y a peu d'espoir de les observer chez les Infusoires fossiles.

Comme on le voit, le nombre des organes qui ont pu être conservés est extrêmement limité et d'une importance secondaire, il se borne au tégument, aux cirrhes, aux cornicules, aux styles et au point d'insertion des cils.

Si donc les restes des Infusoires sont extrêmement rares à l'état fossile, il ne faudrait pas en conclure que ces microorganismes n'ont pas existé ou ont vécu en petit nombre dans les marais et les amas d'eaux stagnantes des époques anciennes, mais seulement que le peu de consistance de leurs tissus est peut-être la cause de leur rareté.

Dans beaucoup de préparations de lignite de l'Hérault on rencontre en effet des amas globuleux plus ou moins réguliers de granulations sans aucune trace d'organisation interne. Le contour externe est assez bien limité mais également sans structure. Ces corps granuleux pourraient être considérés comme des Infusoires dont tous les organes, même le tégument, auraient difflué sans dispersion complète de la matière.

Il n'est pas rare quand on observe des Infusoires dépourvus de carapace résistante et placés dans un milieu peu favorable, de les voir cesser de se déplacer, puis au bout de quelque temps les différents organes et même l'enveloppe extérieure se confondre et ne former qu'une masse amorphe composée de granulations diverses. Il est clair que dans cet état la masse devient facilement la proie de Bactériacées qui la font disparaître complètement, et ne laissent souvent à sa place qu'une zoogée bactérienne.

Les seuls Infusoires assez bien conservés pour être décrits, et que nous avons rencontrés sont les suivants :

ASPIDISCA EOCENICA

FIG. 1, PL. XIV. Gros. $\frac{160}{4}$.

Le corps est globuleux, muni d'une cuirasse chitineuse, en partie translucide, brun foncé, mesurant $102\ \mu$ de diamètre, dépourvu de cirrhes frontaux, portant sur la face ventrale 18 cornicules paraissant distribués en trois groupes : l'un à la partie antérieure comprend huit de ces organes, les deux autres placés en arrière, sur les côtés, en comptent chacun cinq.

Les cornicules recourbés en crochet à pointe acérée, mesurent $28\ \mu$ environ en longueur et $8\ \mu$ à la base.

La figure représente l'animal vu par la face ventrale. On ne distingue aucune trace de sillons, de cirrhes ou de styles.

Cette espèce diffère de l'*Aspidisca radiata* et *A. pulvinata*, vivants, par le nombre plus considérable des cornicules et leur disposition en trois groupes distincts, la forme arrondie du corps et ses dimensions un peu plus fortes que celles de l'*A. radiata* ; mais cette particularité pourrait provenir d'un aplatissement dû à quelque compression. On voit, en effet, au microscope, que le corps de l'Infusoire a subi un écrasement qui a fait sortir en un point une partie du contenu intérieur.

Nous n'avons pu découvrir de cils, les ouvertures correspondant à leur point d'insertion sont seules visibles à la surface de la carapace.

CINETOCONIA CRASSA. Var. α .

FIG. 2, PL. XIV. Gros. $\frac{190}{4}$.

Corps elliptique mesurant $73\ \mu$ de longueur et $60\ \mu$ de largeur, muni d'une cuirasse à peu près opaque,

portant des cirrhes frontaux et marginaux, raides, longs de $40\ \mu$ et larges de $4\ \mu$ à la base ; leur nombre atteint, sinon dépasse vingt ; ils sont parcourus par un canalicule très fin, dont le diamètre est à peine supérieur à $1\ \mu$.

Une fente latérale semble indiquer que la bouche était sur le côté, mais on ne voit aucun cil ; à la surface de la carapace on ne peut distinguer aucun sillon ; il n'y a pas davantage de cornicules et de styles.

La figure montre l'Infusoire en dessous et un peu de côté.

GINETOCONIA GRASSA. Var. β .

FIG. 3, PL. XIV. Gros. $\frac{140}{1}$.

Corps mesurant $76\ \mu$ de longueur et $42\ \mu$ d'épaisseur, la figure montre l'animal vu de côté, la cuirasse est opaque, ornée de cirrhes frontaux, raides, inégaux, placés en plus grand nombre à la partie antérieure ; le microscope en montre 14, dont deux sont brisés ; leur longueur varie de $11\ \mu$ à $46\ \mu$ et le diamètre de $2\ \mu$ à $6\ \mu$, ils sont parcourus par un canalicule mesurant $1\ \mu$ environ.

On ne peut distinguer ni cils, ni cornicules, ni styles. Cette variété diffère de la précédente par le nombre de cirrhes qui est plus petit et par leur position qui semble être moins marginale.

PLOESCONIA CYCLOIDES

FIG. 4, PL. XIV. Gros. $\frac{190}{1}$.

Corps globuleux mesurant $62\ \mu$ de diamètre, la cuirasse brune est translucide. Cirrhes frontaux et marginaux espacés et au nombre de 6, longs de $40\ \mu$ et larges de 4, raides, aigus, parcourus par un fin cana-

licule. Cirrhes ventraux plus courts, peu nombreux; deux à quatre; cornicules mesurant $10,5\ \mu$ en longueur et $5\ \mu$ en largeur, intercalés entre ces derniers, mais au nombre de deux ou trois seulement; on ne distingue pas de styles.

La présence de cirrhes frontaux et l'absence de styles nous portent à ranger cet Infusoire dans le genre *Ploesconia*.

La forme circulaire du corps et la disposition des cirrhes sur les bords de la cuirasse, ainsi que la répartition des mêmes organes et des cornicules sur la face ventrale, distinguent cette espèce des *Ploesconia crassa*, *P. Cithara*, *P. longiremis* et *P. balteata* de Dujardin (1), ainsi que de l'*Euplotes charon*, Muller, sp. (2).

Outre les quelques corps d'Infusoires que nous venons de signaler, on rencontre épars dans le lignite de l'Hérault des fragments de cuirasse, portant un nombre variable de cirrhes, de cornicules, mais trop incomplets pour être déterminés. Les cirrhes, les cornicules libres se trouvent également en assez grand nombre. Il est à noter que jusqu'ici nous n'avons observé aucuns Infusoires munis de styles, ni de styles isolés.

Le petit nombre d'organes que ces êtres microscopiques ont pu nous transmettre après leur mort dans des eaux essentiellement favorables au développement des Bactériacées, rend fort difficile un classement méthodique et rigoureux. Nous avons dû nous borner à faire intervenir les caractères purement extérieurs et

(1) *Histotre naturelle des Zoophytes infusoires*, Pl. X, FIG. 5, 8-11, 1841.

(2) SAVILLE KENT, *Manual of the Infusoria*, vol. II, Pl. XLIV, FIG. 26-29, 1881-1882.

suivre la méthode de Fromentel, que nous allons indiquer en quelques lignes.

La Classe des Infusoires proprement dits peut se diviser en deux ordres :

1° Les Infusoires à tourbillon ou *Ciliés*.

2° Les Infusoires oscillants ou *Cilio-flagellés*.

Le premier ordre comprend les deux sous-ordres suivants : 1° Les *Vorticellides*; 2° les *Paramécides*.

1° Les *Vorticellides*, caractérisées par la forme de leur corps, qui ressemble à une urne dont l'ouverture évasée et ciliée a reçu le nom de *peristome*, comprennent les trois familles suivantes :

VORTICELLIDES

1° Les *Vorticellides* pédonculées ou fixes. *Vorticellina*.

2° Les *Vorticellides* invaginées..... *Vaginicolina*.

3° Les *Vorticellides* libres..... *Stentorina*.

2° Le second sous-ordre de Microzoaires à tourbillon ou ciliés, ne possède pas d'ouverture évasée munie de couronne ou de disque cilié susceptible de rentrer dans le corps de l'animal. Les *Paramécides* peuvent se diviser en sept familles.

PARAMÉCIDES

Sans gaine proprement dite {	Une couronne de cirrhes buccaux ; corps glabre				<i>Halterina</i>	
	Pas de couronne de cirrhes	Nageurs et marcheurs.....		<i>Keronina</i>		
		Un appareil dentaire dégluteur.		<i>Nassulina</i>		
	Infusoires	Nageurs seulement	Point de dents	Un pied spécial	<i>Ervilina</i>	
				Point de pied {	Animal contractile.	<i>Lachrymarina</i>
Non contractile....					<i>Paramecina</i>	
Une gaine dure persistante, enveloppant l'animal et percée de trous pour le passage de cils tégumentaires.					<i>Colepina</i>	

Nous passerons sous silence la classification des Infusoires oscillants ou cilio-flagellés formant le deuxième ordre, car il ne nous intéresse pas en ce moment, les espèces que nous avons décrites plus haut n'y étant pas comprises.

Les cirrhes, les cornicules, que nous avons signalés sur le corps des animalcules des lignites, indiquent qu'ils étaient nageurs et marcheurs, par conséquent qu'ils font partie de la famille des *Keronina* du sous-ordre des Paramécides.

Cette famille des *Keronina* comprend les genres suivants :

Keronina	Pas de cuirasse	Des cirrhes sans cornicules ni styles	Partie antérieure non prolongée en col. <i>Oxytricha</i>
			Partie ant. prol. en col garnie de soies. <i>Stichochæta</i>
	Une cuirasse	Des cirrhes et des cornicules	Des cirrhes et des cornicules..... <i>Kerona</i>
			Des cirrhes, des cornicules et des styles. <i>Stylonychia</i>
		Des cirrhes frontaux	Des styles, pas de cornicules..... <i>Campylopus</i>
			Des cornicules, pas de styles..... <i>Plæsonia</i>
			— pas de styles dorsaux. <i>Euplores</i>
			— des styles dorsaux.... <i>Schizopus</i>
		Pas de cirrhes frontaux	<i>Aspidisca</i>

Nos Infusoires se rangent évidemment dans la section des cuirassés. La première espèce ne montrant pas de cirrhes frontaux, peut être rangée dans le genre *Aspidisca* avec le nom spécifique de *eocenica*, à cause du niveau géologique du gisement. Le deuxième porte des cirrhes frontaux. Nous n'avons pu découvrir pas plus que sur la suivante de styles ni de cornicules ; la cuirasse paraît plus épaisse et plus opaque chez toutes les deux ; nous sommes porté à les regarder comme deux variétés de la même espèce, ne différant entre elles que par le nombre des cirrhes et leur répartition sur la face inférieure de l'animalcule. Mais si nous nous reportons au tableau qui précède, nous ne trouvons aucun

genre dans lequel nous puissions faire rentrer ces deux variétés.

Le genre *Ploesconia* contient des Infusoires munis de cirrhes frontaux dépourvus de styles, ceux qui portent des styles étant reportés dans le genre *Euplotes*, mais étant munis de cornicules. Nos deux variétés ne laissent voir aucun de ces derniers organes, par conséquent ne peuvent y figurer.

Nous avons proposé le genre *Cinetoconia* (κινετος mobile et κονα poussière), qui serait voisin du genre *Ploesconia* et en différerait par l'absence de cornicules.

La section des *Keronina* cuirassés comprendrait alors les genres suivants :

Keronina cuirassés	Des cirrhes frontaux	{	Des styles et des cornicules..	Campylopus.
			Des cornicules pas de styles..	Ploesconia.
			Ni cornicules ni styles. ...	Cinetoconia.
			{ pas de styles dorsaux	Euplotes.
			{ styles dorsaux.....	Schizopus.
			Pas de Cirrhes frontaux...	Aspidisca.

Les deux variétés qui constituent ce genre se distinguent, comme nous l'avons dit plus haut, par le nombre de cirrhes et la différence de leur point d'insertion.

Nous avons insisté sur la description de ces organismes microscopiques, parce que ce sont les *premiers* qui ont été signalés dans les lignites et parce que leur présence peut donner, d'autre part, quelques notions sur le mode de formation et de dépôt de ces combustibles.

ORGANISMES VÉGÉTAUX

DÉBRIS DIVERS

Les lignites faits sont plus avancés en décomposition que les tourbes, comme nous l'ont montré les

analyses citées plus haut; aussi les divers débris de plantes rencontrés dans le lignite de l'Hérault ne sont que de très petits fragments, fondus pour ainsi dire dans la masse ou imprégnés de la matière fondamentale de couleur rouge-brun, ils sont encore moins déterminables que ceux de la tourbe; quelques-uns de leurs éléments cellules ou vaisseaux ont cependant parfois conservé des traces d'organisation, et quand ils n'ont pas été trop séparés les uns des autres, les organes dont ils faisaient partie peuvent être reconnus.

C'est ainsi que nous avons constaté la présence de fragments d'écorce, de bois, de Cryptogames (Fougères), de feuilles, etc. Quant aux fructifications généralement plus résistantes, spores, conidies, pollen, etc., elles sont relativement fréquentes et de bonne conservation.

Nous prendrons pour exemple de portion d'organe conservé, celui d'une feuille à nervure parallèle peut-être de Monocotylédone (PL. XIV, FIG. 5). La surface supérieure de la feuille a été rencontrée par la préparation. On voit dans certaines régions les cellules épidermiques et la section de cellules en palissade sous-jacentes.

Les cellules épidermiques sont allongées dans le sens des nervures, leur extrémité terminée en pointe oblique s'engage dans une échancrure en biseau existant dans la cellule qui précède ou qui la suit. Elles sont disposées en files parallèles, leur longueur est environ 13 à 15 μ et leur largeur de 8 μ . Les files longitudinales de cellules sont souvent interrompues par des orifices au fond desquels se trouvent des stomates.

La position des stomates à la partie supérieure de la feuille, laisserait supposer que celle-ci était étalée à la surface de l'eau.

L'ouverture de la cavité contenant ces organes est de 26 μ . Au fond se trouvent les deux cellules arquées

formant l'ostiole, elles mesurent $16\ \mu$ de longueur et $3\ \mu$ en épaisseur ; l'ostiole offre $3\ \mu$ dans sa plus grande largeur et $8\ \mu$ suivant sa longueur.

Deux lignes de cellules épidermiques et deux lignes de cellules en palissade s'arrêtent brusquement au bord de la cavité du stomate, celles qui sont à droite et à gauche de ces lignes s'infléchissent légèrement sans s'interrompre pour contourner l'ouverture.

Les cellules de l'épiderme ont une paroi assez mince, sont peu colorées et laissent voir par transparence les cellules en palissade sous-jacentes.

La distance des centres des ostioles sur les lignes longitudinales est de $127\ \mu$ environ, et $120\ \mu$ dans le sens transversal. Comme les stomates paraissent être régulièrement placés en alternance, leur nombre serait environ de 64 par millimètre carré.

Les cellules en palissade présentent une section rectangulaire quand elles n'ont pas été déformées. Elles sont disposées en lignes parallèles de même largeur que les cellules épidermiques, c'est-à-dire de $8\ \mu$. Tantôt une seule cellule occupe cette largeur, sa section transversale est alors de $8\ \mu$ en largeur et $6,6$ en hauteur, quelquefois $4,6\ \mu$ seulement ; tantôt il y en a deux, larges de $3,5$ et hautes de $5\ \mu$. Le plus souvent les parois assez épaisses sont plissées ou froissées ; elles sont d'une teinte plus foncée que celle des cellules épidermiques et semblent avoir eu plus de résistance. Aussi n'est-il pas rare de rencontrer des bandes isolées en forme de rubans de deux ou trois rangées de cellules en largeur, dépourvues de toute autre espèce de tissu, même de tissu épidermique.

Des conidies d'Hyphomycètes se rencontrent assez fréquemment dans le voisinage de ces fragments de feuilles, mais sans trace de mycélium adhérent qui

puisse faire admettre qu'elles aient servi de support à ces conidies.

Ce qu'il y a à noter ici, plus particulièrement, c'est la résistance qu'ont montrée certaines espèces de cellules en palissade, qui d'ordinaire sont détruites avant les cellules épidermiques et les cuticules.

Les cellules, à minces parois, des tissus parenchymateux des feuilles, de la moelle, des rayons cellulaires ont toujours été détruites, les fibres et les vaisseaux du bois sont rarement reconnaissables et offrent une désorganisation comparable à celle des bois houillifiés.

La présence de Champignons saprophytes est assez fréquente dans la pâte du lignite, les mycéliums sont souvent très altérés et les filaments apparaissent comme de minces rubans de couleur rouge-brun, dans lesquels on ne distingue que rarement les cellules, placées bout à bout, qui les constituaient.

Les parties les mieux conservées sont les spores et les conidies, ces derniers organes servent, comme l'on sait, à reproduire la plante ; formés d'une ou plusieurs cellules, ils peuvent donner un seul filament ou plusieurs, suivant la complexité de leur organisation. Les parois de la spore ou des cellules qui forment la conidie sont épaisses, difficilement altérables ; aussi trouve-t-on fréquemment ces enveloppes plus ou moins colorées en brun dans les lignites et les schistes qui les accompagnent.

Nous décrirons quelques espèces de conidies, car elles peuvent fournir des renseignements utiles sur la manière dont se sont rassemblées les plantes qui constituent les lignites.

Champignons.

HELMINTHOSPORIUM APIOIDES

PL. XIV, Fig. 6 et Fig. 7.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY.ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Conidies piriformes, composées de deux ou trois cellules ; celles composées de deux cellules mesurent 16 à 18 μ de longueur, la cellule terminale est arrondie en dessus, plane sur la face soudée à la suivante ; son diamètre est de 12 à 13 μ , sa hauteur de 10 μ . La deuxième, de couleur plus claire, est large de 7 à 8 μ et haute de 6 à 7 μ , la membrane commune est souvent déchirée et les bords se relèvent dans la cavité de la première. Sur la Fig. 6 on voit en c quelques pédicelles qui portaient chacun une conidie.

Les conidies qui comprennent trois cellules ont une longueur variant de 23 à 25 μ . Les hauteurs respectives de ces cellules sont 10 μ , 6,6 μ , 6,6 μ et les diamètres 9,5 μ , 8,5 μ et 7,6 μ , la première cellule est arrondie. Dans une conidie mesurant 25 μ de longueur, on trouve pour les trois cellules les nombres 13 μ , 7 μ et 5 μ .

Nous avons rencontré cette espèce en contact avec des débris de végétaux, et au milieu de pédicelles qui paraissent encore y adhérer, a, b (Fig. 8, PL. XIV).

Les pédicelles sont cylindriques, mesurent 4 μ de diamètre et les cellules qui les composent placées bout à bout, sont longues de 11 μ .

Nous avons vainement essayé de déterminer les débris des végétaux nourriciers, leurs tissus sont à peu près méconnaissables et on ne peut y distinguer que des bandes hypodermiques longitudinales, parallèles et disposées en îlots au milieu d'un tissu chlorophyllien.

Non seulement les tissus sont mal conservés, mais leurs rapports de position ont varié.

La forme des conidies rappelle celle des conidies de certains Hyphomycètes, entre autres celle du genre *Helminthosporium*.

Parmi les *Helminthosporium* vivants qui ont été décrits, l'*H. obovatum* de Berk, présente quelques analogies avec ceux que nous venons de signaler.

En effet, les conidies mesurent dans cette espèce 25 μ environ ; elles sont composées de trois cellules, la première est arrondie et son diamètre est de 13 μ . Les pédicelles allongés sont larges de 3 à 4 μ , mais ils se terminent en pointe en venant se souder à la cellule basilaire conique de la conidie.

Dans notre espèce, la cellule inférieure est arrondie et le pédicelle ne s'atténue pas en pointe et conserve à peu près le même diamètre.

L'*Helminthosporium obovatum* se rencontre sur les bois en décomposition ; l'*H. apioïdes* paraît s'être développé sur des tiges herbacées de petites dimensions. Le nom spécifique rappelle la forme de poire (*Ἀπιοῦς* poire), que présentent surtout les conidies à deux loges. Dans toutes les conidies que nous avons examinées, le contenu des cellules avait disparu, l'enveloppe seule était conservée.

HELMINTHOSPORIUM SUBSTRIIFORME

PL. XIV, FIG. 9 et 10. Gros. $\frac{400}{1}$ et $\frac{800}{1}$

Conidie de forme ellipsoïdale, longue de 23 μ et large de 9 à 10 μ , composée de cinq cellules ; les deux extrêmes sont à parois minces et souvent déchirées, celle du sommet ne mesure que 2 μ de hauteur, celle de base 5 μ ; les loges intermédiaires sont à parois plus épaissies, hautes de 6 et 5 μ .

Cette espèce diffère de la précédente par sa forme allongée ovoïde et non piriforme, par le nombre de

ses cellules qui est de cinq au lieu de deux ou trois, par la petitesse relative de la cellule apicale.

Elle se rapproche de l'*Helminthosporium striiforme* de Corda, par sa forme, ses dimensions en longueur, par le nombre sensiblement le même des cellules, mais en diffère par les dimensions et la forme de la cellule basilaire qui est arrondie au lieu d'être conique.

Le nom spécifique de *substriiforme* indique le rapprochement entre ces deux espèces.

HELMINTHOSPORIUM MACROCARPUM

Var. *Minus*. PL. XIV, FIG. 11. Gros. $\frac{800}{1}$.

Conidies longues de 30 à 44 μ , larges à la partie supérieure de 7 à 8 μ , composées de 5 à 7 cellules allant en diminuant de diamètre, très régulièrement, depuis le sommet jusqu'à la base d'attache.

Sur une conidie longue de 30 μ nous trouvons pour la cellule apicale 8 μ de largeur et 7 μ de hauteur; elle est arrondie, fendue en dessus. Les cellules qui suivent diminuent régulièrement; elles sont au nombre de quatre; celle de base est cylindrique, haute de 5,5 μ large de 4,5 et le pédicelle mesure 4 μ de diamètre; son premier article a une longueur de 6 μ , le reste du pédicelle n'est pas visible.

Sur une deuxième conidie mesurant 44 μ de longueur et composée de 7 cellules, nous relevons les dimensions suivantes: la cellule terminale a 7 μ de largeur, celle de base 3,4 μ , le diamètre va en diminuant régulièrement et la hauteur respective de chacune des cellules de haut en bas est: 8,5 μ ; 5,2 μ ; 5,2 μ ; 5,2 μ ; 7 μ ; 7 μ ; un petit fragment de pédicelle est encore attaché à la dernière cellule.

Les photographies n'ont pu prendre que les cellules

superficielles des conidies, les autres s'enfonçant dans l'intérieur de la préparation.

La forme des conidies, leurs dimensions et le nombre des cellules qui les constituent différencient suffisamment cette espèce de celles que nous avons décrites.

Elle se rapproche de l'*Helminthosporium macrocarpum* Grev. par la forme des conidies à peu près coniques et par le nombre des cellules qui les composent, mais d'un autre côté elle s'en écarte par ses dimensions beaucoup plus petites. L'*Helminthosporium macrocarpum* possède en effet des conidies longues de 60 à 80 μ et larges de 15 à 18 μ , nous avons indiqué cette différence en ajoutant au nom spécifique celui de *minus*. L'*Helminthosporium macrocarpum* vit sur les écorces de noisetiers.

HELMINTHOSPORIUM PUPAEFORME

Conidie légèrement fusiforme, la partie renflée mesure 6,6 ; les cellules extrêmes ont un diamètre de 5 μ environ sur 5,5 de hauteur ; les cellules intermédiaires ont une longueur qui varie entre 3,3 et 5 μ , la cellule apicale est arrondie et la longueur totale est de 36 μ .

La forme de cette espèce rappelle celle des conidies de l'*Helminthosporium folliculatum* Grev. mais en diffère par la longueur moindre des conidies qui atteignent dans l'espèce vivante 45 et 55 μ et par les dimensions des cellules qui sont également plus petites.

HELMINTHOSPORIUM GIGANTEUM

PL. XIV, FIG. 12 a. Gros. $\frac{210}{4}$.

Conidie en forme de massue composée de trois cellules ; la cellule apicale, la plus développée, mesure 51 μ de

hauteur et 47 de largeur ; son extrémité libre est irrégulièrement arrondie et déjetée un peu de côté ; l'autre extrémité est cylindrique et terminée par une cloison horizontale. Elle représente à elle seule plus de la moitié de la conidie. En effet les deux autres ne mesurent que 22μ et 13μ ; la hauteur totale est de 86μ . Un fragment de pédoncule est resté adhérent à la dernière cellule.

Des conidies de dimensions semblables, possédant une cellule apicale régulièrement arrondie, se rencontrent dans les mêmes fragments : par conséquent on doit considérer l'irrégularité signalée comme accidentelle. D'autre part, cette irrégularité peut prendre une importance bien plus grande, car nous en avons rencontré dont l'axe tordu sur lui-même décrivait un quart de cercle. La longueur des conidies varie entre 68 et 86μ , elles sont assez fréquentes et toujours isolées. En *b* on voit un groupe de *H. apioides*.

HELMINTHOSPORIUM ELLIPSOIDALE

PL. XIV, Fig. 13 a. Gros. $\frac{270}{1}$.

Conidie affectant exactement la forme d'un ellipsoïde de révolution dont le grand axe mesure 65μ et le petit 36μ , elle comprend trois cellules, celle du sommet est arrondie et offre 33μ de hauteur ; celle du milieu est sensiblement cylindrique et sa longueur est de 15μ ; enfin celle de l'extrémité inférieure, arrondie comme la première, présente une hauteur de 17μ .

Les dimensions de cette espèce sont à peu près constantes en longueur et en largeur. Les parois des cellules sont assez minces ; les conidies ont été toujours rencontrées détachées de leur pédicelle, tantôt isolées, tantôt réunies en groupe de 4 ou 5.

HELMINTHOSPORIUM HIRUDO

'PL. XV, FIG. 2, a. Gros. $\frac{188}{1}$.

Nous avons rencontré assez souvent des conidies en forme de rubans repliés sur eux-mêmes, composées d'un grand nombre de cellules, très voisines de l'*Helminthosporium Hirudo* Sac. Les fragments mesurent de 120 à 130 μ de longueur ; ils représentent la partie supérieure de la conidie, là où sa largeur est à peu près uniforme. Voici les dimensions que nous avons relevées sur une d'elles : longueur 122 μ , la cellule apicale mesure 8 μ de hauteur et 7 μ de largeur ; elle est arrondie à son extrémité libre et perforée. Les autres cellules sont rectangulaires, également perforées, larges de 7 μ et hautes de 5 ; en s'éloignant de l'extrémité elles atteignent 8,5 μ de largeur et 3,5 de hauteur.

Cette particularité se présente également dans les *Helminthosporium Hirudo* et *Helminthosporium hormiscioides* Sac. En effet, à partir de l'extrémité libre, la largeur des cellules passe par un maximum et leur hauteur par un minimum.

Les Conidies de l'*Helminthosporium Hirudo* atteignent 200 à 230 μ de longueur et la largeur des cellules, dans la partie supérieure, 15 μ environ ; l'espèce que nous avons décrite serait donc de plus petite taille.

Les *Helminthosporium Hirudo* se développent sur les fragments de bois en putréfaction.

D'autres organes rappelant la forme conidienne des *Helminthosporium* se trouvent encore dans le lignite que nous étudions, mais trop incomplets pour que nous tentions quelques rapprochements.

On rencontre également des corps unicellulaires, ovales, longs de 14 à 16 μ , larges de 6,6, à parois

minces et peu colorées rappelant par leur forme les conidies du *Coniosporium capnodioides* Sac. qui se développe sur les feuilles de diverses plantes.

En l'absence de faits plus précis concernant l'histoire de ces corps qui se rencontrent toujours isolés, nous nous contenterons de les signaler.

MACROSPORIUM ROPALOIDES

Le mycélium de cet Hyphomycète est inconnu, nous n'avons rencontré qu'un fragment du pédicelle supportant la conidie, celle-ci a une longueur de $66\ \mu$, une largeur de $20\ \mu$ à la partie supérieure et de $13\ \mu$ à la partie inférieure. Elle présente à peu près la forme d'une massue arrondie à son extrémité libre et s'atténuant un peu à la base. On compte six rangées de cellules superposées et alternantes; en partant de la partie inférieure, les rangées se composent respectivement de 2, 3, 3, 3, 2, 2, cellules, celles qui sont groupées par trois sont plus hautes que larges, les autres sont arrondies ou plus larges que hautes.

La portion de pédicelle tenant encore à la conidie est longue de $22\ \mu$, elle comprend quatre cellules rectangulaires, larges de $8\ \mu$ et hautes de 6,6.

Nous ne voyons guère que le genre *Macrosporium* dans lequel nous puissions ranger ce Champignon; mais la longueur des conidies dépasse celle des espèces vivantes; de plus, elles ne sont ni ovoïdes ni en fuseau comme la plupart d'entre elles.

Les *Macrosporium* vivants se rencontrent sur les feuilles de Citronniers, sur certains fruits en décomposition, etc. Il est possible que l'espèce que nous décrivons ait été détachée des fragments de feuilles indéterminables que l'on trouve à l'intérieur de la pâte du lignito, nous lui avons donné le nom spécifique de *ropaloïdes* pour rappeler sa forme de massue.

Les conidies qui nous restent à décrire se rapprochent beaucoup par leur forme, la grandeur des cellules et la disposition du mycélium quand il est encore adhérent, du *Stemphylium ? magnusianum* Sac. Mais cette espèce est marquée d'un point de doute, quant à l'attribution générique, dans le travail cité (1). En effet, la forme des conidies sessiles dans cette espèce est globuleuse ; les cellules qui les composent sont polyédriques, régulières, toutes égales ; les fructifications naissent sur les branches d'un mycélium ramifié.

Toutes les autres espèces du genre *Stemphylium* (loc. cit.) possèdent des conidies ovales, piriformes ou irrégulièrement globuleuses ; les cellules qui les constituent sont d'assez grande taille, inégales, subcubiques, fixées à des pédicelles simples ou ramifiés, assez différentes, comme on le voit, du *Stemphylium magnusianum*, ce qui justifie le doute générique indiqué par Saccardo. Nous n'avons pas assez d'autorité pour dissiper ou confirmer ce doute. Nos conidies fossiles diffèrent de ces dernières espèces autant que le *Stemphylium magnusianum* lui-même. Nous proposerons de les comprendre sous le nom générique de *Morosporium* (μορον mûre) à cause de la forme des conidies.

Ces conidies sont rarement isolées, elles forment des groupes composés de 25 à 30 individus, le plus souvent sans trace de mycélium ou de pédicelle.

Comme les parois des loges étaient assez épaisses elles ont résisté à l'action microbienne, tout au moins dans les parties correspondant aux arêtes ; nous décrirons les espèces suivantes.

(1) Saccardo *Fungi italici, Hyphomycetae*, FIG. 934.

MOROSPORIUM LIGNITUM

PL. XIV, FIG. 14 à 16 a b. Gros. $\frac{215}{4}$.

Mycélium filamenteux, formé de rameaux dichotomes pluricellulaire; les cellules placées bout à bout mesurent $4,6 \mu$; leur diamètre est de 2μ à $2,6 \mu$.

Conidies sessiles sur le mycélium, variables de grandeur suivant le nombre de cellules qui se sont développées, sphériques, atteignant facilement 42 et 45μ de diamètre. Les cellules qui les composent sont polyédriques, à parois épaissies, larges de 12 à 13μ .

Dans les conidies qui ne sont formées que d'un petit nombre de cellules, celles-ci ont déjà à peu près leur taille définitive.

Le plus souvent les conidies sont détachées et rassemblées en groupes plus ou moins nombreux (FIG. 16) mais quelquefois aussi on les rencontre adhérentes à leur mycélium (FIG. 14 et 15 b). Dans ce cas, elles ne se sont formées que d'un petit nombre de cellules, et ne semblent pas avoir atteint leur entier développement. Le petit nombre de cellules et la taille plus faible de ces conidies nous ont porté à les regarder comme étant plutôt en voie d'accroissement qu'en voie de germination, c'est-à-dire que le mycélium *adhérent* leur avait donné naissance et les alimentait, plutôt que d'être le résultat de la germination d'un certain nombre de cellules de la conidio.

Ce Champignon doit être rangé également parmi les Hyphomycètes; il se rapproche du *Stemphylium magnusianum* Sac. par la forme des conidies et leur disposition sur le mycélium, mais dans le *Stemphylium magnusianum* les conidies varient entre 20 et 30μ de diamètre, tandis que notre espèce peut atteindre 45μ .

Nous lui avons donné le nom de *Morosporium lignitum* pour rappeler son aspect et son gisement.

Le *St. magnusianum* se rencontre sur les écorces d'Aulnes vivants, les tourbes renferment comme nous l'avons vu des bois et des écorces d'Aulnes ; les lignites contiennent également des écorces qui y ont été entraînées, mais leur état n'en permet pas la détermination. Les Aulnes descendent jusque dans le terrain inférieur : *Alnus cardiophylla*. Sap. *A. trinervia*, Watt. etc. Toutefois aucun fait ne prouve que les écorces en question proviennent d'arbres appartenant à ce genre.

MOROSPORIUM ELONGATUM

PL. XV, FIG. 1, a, b. Gros. $\frac{320}{1}$

Mycélium formé de filaments ramifiés, et composé de cellules placées bout à bout, mesurant 20 μ de longueur et 4, 6 μ de largeur.

Conidies détachées et disséminées au milieu des hyphes, de forme ovale plus ou moins allongée, dépassant 46 μ en longueur et 16 μ en largeur, cylindriques, arrondies à l'extrémité libre, légèrement atténuées à l'autre, correspondant peut-être au point d'attache sur le mycélium, cellules polyédriques, toutes égales et semblables.

Cette espèce diffère de la précédente par sa forme allongée au lieu d'être sphérique, par la grandeur de ses cellules, plus petites, qui ne mesurent que 9 à 10 μ de largeur et par son mycélium dont les rameaux sont formés de cellules plus allongées, plus larges et plus robustes.

Elle ne peut pas se confondre avec les espèces de *Stemphylium* vivantes, et diffère du *Stemphylium magnusianum*, l'espèce la plus voisine, plus que le *morosporium lignitum* lui-même, mentionné ci-dessus.

La forme allongée des conidies souvent plus étirée que celle que nous avons figurée, nous a fait choisir le nom spécifique d'*elongatum*.

Les conidies tiennent encore quelquefois à leur mycélium *b*, car dans ce nouvel exemple nous pensons que la conidie est issue du mycélium, plutôt que le mycélium de la conidie, à cause de l'aspect robuste de ses rameaux.

Quoi qu'il en soit, les fragments du mycélium encore adhérents aux conidies du *Morosporium lignitum* et *M. elongatum* prouvent que ces champignons n'ont pas été apportés de loin, qu'ils n'ont pas été brassés par les eaux. Il est vraisemblable que ce sont les feuilles, les branches, les fragments de végétaux croissant dans les marécages ou sur leurs bords, qui les ont entraînés avec eux dans les eaux des marais où le lignite était en voie de formation.

ALGUES

Diatomées.

FRUSTULIA ARAURISIENSIS

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY.

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

Les Diatomées sont relativement rares dans les préparations de lignite que nous avons examinées. Les individus rencontrés, mais en petit nombre, font partie de la Famille des Naviculées.

On sait que cette famille renferme :

- 1° Des individus libres, solitaires;
- 2° Des individus réunis en faisceaux serrés et compacts;
- 3° Des individus séparés, non groupés en faisceaux, mais agglutinés par une substance gélatineuse.

C'est dans cette dernière section que paraissent rentrer les Diatomées en question. Les frustules sont

ordinairement nichées sans aucune orientation apparente dans des masses de substance amorphe, un peu plus foncée en couleur que la matière fondamentale.

Il paraît vraisemblable que cette substance représente la gélose qui réunissait et qui réunit encore, mais transformée, les Diatomées fossiles.

La coloration de cette gélose transformée rend les observations fort difficiles, mais quelques individus devenus libres et débarrassés de cette matière se prêtent mieux à l'étude. Vue de face, la cuirasse parfaitement symétrique a la forme d'une ellipse dont le grand axe mesure 10 à 12 μ et le petit 5 à 6 μ . Une ligne longitudinale médiane peu accusée, la divise en deux parties égales ; il n'y a ni tubercule central ni tubercule polaire, aucune strie ne se montre à la surface. Vues de côté, les deux valves se présentent sous la forme d'un rectangle haut de 10 à 12 μ et large de 3 à 4 μ .

Le genre *Frustulia* qui appartient à cette section contient des Navicules de forme ovale allongée, dont la cuirasse est parcourue par une ligne longitudinale peu accusée et même interrompue vers son milieu, sans tubercule central. C'est dans ce genre que viendrait se placer notre Navicule. Nous la désignons sous le nom spécifique de *aurisensis* (*auris*. Hérault).

Les Diatomées qui font partie de la troisième section vivent dans les eaux douces et quelquefois hors de l'eau dans les endroits humides.

Bactériacées.

Les Bactériacées existent en grand nombre dans les lignites en général et en particulier dans celui que nous décrivons aujourd'hui. Nous n'y avons pas rencontré de Bacilles mais peut-être leurs spores. Les Microcoques

y sont en abondance, soit dans la matière fondamentale, soit sur les différents débris qui y sont disséminés.

MICROCOCCUS LIGNITÛM

PL. XV, FIG. 3 b. Gros. $\frac{1200}{1}$.

Cellules sphériques larges de $0,4\ \mu$ à $0,5\ \mu$, incolores quand elles n'ont pas été imprégnées par le milieu environnant. Leur petitesse et leur coloration les rend extrêmement difficiles à distinguer au sein de la matière fondamentale qui possède à peu près la même teinte, teinte moins foncée que celle de la matière fondamentale de la houille ou des cannels. Cependant, quand au lieu d'être disséminés, ils sont réunis en groupes, on peut les reconnaître sans grande peine.

Mais ils sont bien plus faciles à voir quand ils sont adhérents à quelques débris de végétaux. La FIG. 4 montre une macrospore avec ses trois lignes radiantes; elle mesure $51\ \mu$ de diamètre; la surface est couverte de sphérules mesurant $0,4\ \mu$. La macrospore semble réduite à la cuticule que les *Cocci* étaient en voie de détruire.

Le nombre de macrospores, de grains de pollen que l'on rencontre, amenés à cet état, est assez considérable, et l'on peut supposer que le travail microbien a dû y contribuer pour une large mesure.

Les fragments de bois, d'écorce, de feuilles montrent également une désorganisation très avancée: des écorces il ne reste plus guère que des cellules de liège aplaties, des portions de tissu épidermique et d'hypoderme, recouvrant les cellules en palissade, des sortes de pelotes de tissu à chlorophylle rappelant celui de certaines Joncées. Les organes végétaux qui ont le

mieux résisté sont les conidies et les mycéliums de Champignons.

Quant au tissu ligneux, on n'en rencontre, dans le lignite en question, que des fragments minimes composés de quelques vaisseaux et de quelques trachéides.

La FIG. 3, PL. XV représente sous un grossissement de 1.200 diamètres la coupe longitudinale de deux vaisseaux; celui de gauche montre sa paroi postérieure garnie d'une quantité considérable de Microcoques ou de leurs traces; celui de droite *b* laisse voir une cloison un peu oblique, divisant en deux parties la longueur du vaisseau, cette cloison est également couverte de Microcoques.

Les épaisissements formant les ornements des parois ont complètement disparu. On ne peut dire si ce sont des vaisseaux rayés ou ponctués. Sans doute les membranes moyennes ou peut-être le produit de leur transformation ont seuls persisté, maintenant les microcoques en place.

Les différents organismes animaux et végétaux que nous avons mentionnés ne sont pas réunis par simple contact; il semble que la matière fondamentale ait été douée d'une plasticité suffisante pour les mouler et même les pénétrer, comme l'aurait fait un mucilage qui se serait desséché depuis.

Plus transparente que la matière fondamentale de la houille ou des cannelis, elle a acquis une dureté presque aussi grande, avec plus de ténacité, mais elle a conservé à un plus haut degré, la propriété d'absorber l'eau, la glycérine, etc., et d'augmenter de volume. Il n'est pas rare de voir des préparations, en s'imbibant peu à peu, se gondoler quoique maintenues par le couvre-objet et se séparer de la lame support, dans un grand nombre de points, par l'effet de l'augmentation de volume.

La matière fondamentale contient une certaine

quantité d'acide ulmique. Des observations qui précèdent il résulte :

1° Que le lignite dont nous venons de nous occuper s'est formé dans des eaux peu profondes, marécageuses, dans lesquelles pouvaient vivre des Infusoires dont quelques-uns ont laissé comme preuve de leur existence, des cuirasses et des organes de locomotion présentant une certaine résistance, cirrhes, cornicules, etc.

2° Que ces Infusoires se rangent dans la famille des Kéroniniens.

3° Que de nombreux débris de végétaux, feuilles, écorces, tissus ligneux, spores, macrospores, grains de pollen, etc..., souvent dans un état de décomposition très avancé, constituent la masse du lignite.

4° Que certains de ces débris de plantes ont apporté avec eux les Champignons microscopiques, développés à leur surface et dont on rencontre les mycéliums et les fructifications à l'intérieur de la masse du lignite.

5° Que tous les Champignons observés jusqu'ici appartiennent au groupe des Hyphomycètes et viennent se ranger dans les genres *Helminthosporium*, *Macrosporium*, *Morosporium* qui vivent à la surface des feuilles, du bois, des écorces, en décomposition.

6° Que les Diatomées se montrent en petit nombre dans la pâte même du lignite et qu'elles se trouvent plutôt localisées entre les feuillets argileux qui la divisent.

7° Que les Bactériacées existent en abondance dans la matière fondamentale sous la forme de Microcoques ou de spores de Bacilles, leurs faibles dimensions et leur imbibition par la matière fondamentale les rend difficiles à observer, elles sont plus visibles sur les fragments de vaisseaux, cellules, spores, etc. auxquels elles adhèrent.

8° Que la matière fondamentale qui réunit les organismes animaux et végétaux, paraît avoir joui de quelque fluidité puisqu'elle les a moulés et pénétrés sous une faible pression.

9° Que sans doute sa formation est due au travail des Bactériacées, entre autres du *Micrococcus lignitum*, sur certaines parties plus altérables de ces organismes qui se montrent presque complètement décomposés et souvent aussi méconnaissables que ceux que l'on rencontre dans la matière fondamentale de la houille.

Nous nous sommes étendu sur la constitution du lignite éocène de l'Hérault qui devait servir de type, nous serons plus bref sur celle de quelques autres lignites que nous allons mentionner.

LIGNITE DE CORONEL (Chili) (1).

HELMINTHOSPORIUM MACROCARPUM

PL. XV, FIG. 5 et 6. Gros. $\frac{155}{4}$.

Conidies longues de 43 μ , larges de 13,5 à la partie supérieure, composées de 6 à 7 cellules allant en diminuant de diamètre du sommet à la base.

La cellule apicale est arrondie, haute de 4 à 5 μ , celles qui suivent mesurent 5,5 environ de hauteur, la cellule basilaire est conique et offre une base d'attache très peu étendue. Les conidies sont droites, mais on en rencontre quelques-unes qui sont recourbées à angle droit à la partie inférieure.

Sur la FIG. 6, on voit en *b* quelques conidies d'*Hel-*

(1) Communiqué par M. Roche, vice-président de la Société d'Histoire naturelle d'Autun.

minthosporium apioïdes ne différant pas sensiblement de l'espèce que nous avons décrite plus haut dans le lignite de l'Hérault.

HELMINTHOSPORIUM CORYNEOIDEUM

PL. XV, FIG. 7. Gros. $\frac{155}{1}$.

Conidie longue de $50\ \mu$, mesurant $25\ \mu$ dans sa plus grande largeur, ovoïde à sa partie supérieure, conique à la partie opposée, composée de 6 à 7 cellules, la cellule apicale est arrondie au sommet, haute de $16\ \mu$, celles qui viennent ensuite ne mesurent que $7\ \mu$. Elles se rencontrent par groupe et détachées de leur pédicelle.

Ces conidies rappellent, par la forme et par la base d'attache, assez élargie, l'*Helminthosporium coryneoïdeum*, mais elles en diffèrent par leurs dimensions qui sont plus grandes; cette dernière espèce possède en effet des conidies qui mesurent $30\ \mu$ en longueur et $16\ \mu$ en largeur, elle se développe sur les sarments de vigne.

HELMINTHOSPORIUM HIRUDO ?

PL. XV, FIG. 8, a. Gros. $\frac{380}{1}$.

Fragment de conidie long de $40\ \mu$ environ, composé de 11 cellules rectangulaires, hautes de $3,5\ \mu$ et larges de $7,5$, la portion de conidie est trop incomplète pour que nous puissions assurer son identification spécifique.

Nous n'avons pas rencontré d'Infusoires dans le lignite de Coronel, mais nous ne pouvons en conclure qu'ils n'y existent pas, le nombre de préparations que nous avons observées étant beaucoup trop restreint. Les Protozoaires s'y présentent au contraire assez fréquemment. Les deux exemplaires que nous figurons appartiennent au sous-embranchement des Amiboïdes.

Amiboïdes.

On sait qu'un certain nombre d'Amiboïdes présentent un revêtement plus ou moins complet, d'une substance flexible, incolore, jaunâtre ou brune.

Plusieurs formes sont fixées par un pédoncule creux, siliceux ou chitineux.

La classe des Amiboïdes se divise en trois ordres : 1° Amiboïdes lobés ; 2° Amiboïdes acuminés ; 3° Amiboïdes radiés.

Parmi ces derniers, il y a quelques genres, tels que les *Orbulinella*, *Hedriocystis*, *Clathrulina* qui possèdent un squelette siliceux, munis de mailles nombreuses par où sortent des pseudopodes, grêles, pointus, rayonnant tout autour de la surface du corps ; le squelette est généralement supporté par un pédoncule.

Les restes que nous rapportons aux Amiboïdes radiés ne se composent que du squelette solide protégeant l'animal et muni d'ouvertures nombreuses pour le passage des pseudopodes.

Sur la FIG. 8, PL. XV, on voit en *b* une enveloppe sphérique percée de nombreuses ouvertures plus ou moins oblitérées, son diamètre est de 69 μ . Il est évident que les pseudopodes n'ont pu se conserver et qu'il est impossible de connaître les dimensions du pédoncule.

La FIG. 9 nous montre un autre squelette, solide, sphérique, d'Amiboïde radié. Ses dimensions sont les mêmes que celles du spécimen précédent, c'est-à-dire 69 μ de diamètre ; l'enveloppe est réticulée, les mailles sont penta ou hexagonales, leur largeur est de 5 μ . En l'absence du pédoncule et des pseudopodes, nous ne pouvons préciser le genre dans lequel on pourrait faire rentrer ces deux Amiboïdes. Cependant certains *Hedriocystis* et certains *Clathrulina*, ces derniers

surtout, présentent un squelette solide treillisé très analogue, le *Clathrulina elegans* entre autres possède une enveloppe mesurant $70\ \mu$ de diamètre et un réseau penta ou hexagonal semblable à celui de nos échantillons, les mailles sont cependant à angles moins accusés.

Le lignite de Coronel du Chili offre, comme l'on voit, beaucoup de ressemblance, malgré la distance qui les sépare, avec le lignite de l'Hérault que nous avons décrit plus haut. On y rencontre des genres de Champignons voisins, les mêmes Bactériacées, la même constitution générale, et la ressemblance deviendrait peut-être plus frappante si l'étude en était poussée plus loin.

Nous pouvons donc admettre pour ce lignite une partie des conclusions que nous avons adoptées pour le premier.

LIGNITE DE SAINT-MARTIN-DU-MONT (1).

PL. XV, Fig. 10. Gros. $\frac{190}{1}$ et Fig. 11. Gros. $\frac{650}{1}$.

Les deux préparations suivantes ont été tirées des lignites de Saint-Martin-du-Mont (Ain).

La première montre un groupe de spores de Fougères, a, noyé dans la matière fondamentale amorphe, les unes sont vides, leur enveloppe est transparente, les autres paraissent noires et remplies d'une substance colorée qui les rend opaques.

La deuxième passe par un faisceau de Fougère formé de vaisseaux rayés, les raies ne sont visibles que dans un petit nombre de régions, les ornements ont disparu sous l'influence microbienne et il ne reste plus guère

(1) Communiqué par M. Roche.

des parois que les membranes moyennes, ces membranes portant en beaucoup de points des Microcoques qui y sont encore fixés, *b*, et les traces de leur travail.

LIGNITE DE CÉLAS (Gard).

PL. XV, FIG. 12 et 13. Gros. $\frac{650}{1}$.

Les portions de lignite de Célas que nous avons examinées étaient compactes, noires, à cassure brillante, présentant l'aspect d'un lignite très avancé (1).

La matière fondamentale est difficilement rendue transparente, FIG. 12, dans les régions qui finissent par s'éclaircir, on parvient à distinguer quelques traces d'organisation ; en *a*, par exemple, se trouve une masse de cellules parenchymateuses, peut-être un fragment de moelle, les mailles cellulaires à peine visibles contiennent des granulations très petites qui paraissent des restes de grains d'amidon. En *b* et en *c*, se voient des enveloppes de spores réduites à leur cuticule.

La FIG. 13 montre également un état de décomposition très avancé, la coupe passe à travers un tissu cellulaire ; malgré la couleur très foncée de la matière fondamentale qui a injecté les cellules, on distingue encore leurs parois en certains points comme en *a*, au milieu de la figure en *b*, les parois cellulaires ont été complètement détruites et l'on voit des quantités considérables de Microcoques à la place du tissu disparu.

LIGNITE DE DURFORT (Gard).

PL. XVI, FIG. 1 à 3.

Les Conifères pliocènes de Durfort sont assez bien conservés pour qu'on en puisse faire l'étude au micros-

(1) Nous devons cet échantillon à M. le D^r Laurent, de la Faculté de Marseille.

cope, les rayons cellulaires ligneux sont visibles, Fig. 2 *b, d*, et les ornements ponctués se voient encore nettement sur les parois des trachéides, les troncs sont disposés horizontalement et aplatis soit sous leur propre poids, soit sous celui des couches superposées; aussi sur une coupe transversale, les couches annuelles d'accroissement paraissent partiellement écrasées. C'est la portion la plus interne d'une couche annuelle, c'est-à-dire celle qui correspond à la période printanière qui a cédé à la pression; plus rarement l'écrasement avec déformation particulière des trachéides en forme d'S s'est propagé jusque dans la portion formée pendant l'arrière-saison, cependant plus résistante à cause de l'épaississement des parois.

Avec un grossissement de douze cents diamètres, les trachéides altérées paraissent formées de tubes concentriques représentant des couches d'accroissement successives (1) pour chacune d'elles (*b*, Fig. 2); avec le même grossissement on distingue facilement des Microcoques dans ou sur la membrane commune; les produits de transformation des membranes communes étant, dans les combustibles fossiles, moins colorés que ceux des épaisissements, les microorganismes s'y découvriront avec beaucoup moins de difficulté que dans les couches d'accroissement plus foncées et moins transparentes.

C'est ainsi que, soit à la surface des trachéides, soit entre les feuilletts, soit perpendiculairement aux parois, on voit de nombreuses chaînettes de Microcoques rappelant des Streptocoques.

(1) Ce qui laisserait supposer une certaine relation entre les épaisissements successifs des parois des trachéides et les accroissements annuels des tiges; chaque zone concentrique des tiges correspondant, pendant quelque temps, à une couche d'accroissement dans les parois des trachéides.

De la cavité interne des trachéides partent des files de *Cocci* qui, à travers les couches d'épaississement, se dirigent vers les membranes moyennes *a*, FIG. 3.

Sur une coupe longitudinale tangentielle, des files verticales de *Microcoques* se voient dans les épais-sissements des trachéides et des cellules des rayons ligneux.

Les parois antéro-postérieures des trachéides sont également parcourues par des lignes horizontales ou obliques, rectilignes ou sinueuses de ces microorga-nismes qui se rendent d'une arête à l'autre.

Les parois des vaisseaux sont donc sillonnées par des lignes de *Microcoques* dirigées sensiblement suivant les trois dimensions; il en résulte que si la section passe par l'épaisseur même d'une paroi suffisamment envahie, celle-ci apparaît comme une large plage uniquement formée de *Cocci c*, FIG. 2, les uns isolés, les autres groupés par deux, par trois ou en chaînettes simulant des *Streptocoques*.

Cette abondance extraordinaire justifie cette assertion que lorsqu'on brûle un morceau de lignite, on se chauffe en grande partie aux dépens des Bactériacées qui y sont contenues en nombre incalculable.

Les dimensions des *Cocci* des lignites sont un peu plus faibles que ceux de la houille, ils ne mesurent que 0,4 μ , peut-être parce que moins pénétrés par la matière fondamentale, leur retrait a été un peu plus grand, un millimètre cube pourrait, en les supposant en contact, en contenir 15 milliards.

En présence de la quantité énorme de ces microorga-nismes à l'intérieur des bois en décomposition, il est naturel d'attribuer à leurs actes vitaux, comme lorsqu'il s'est agi des tourbes, une large part dans la transformation de ces bois en lignite.

Nous avons donné le nom de *Micrococcus lignitum*

à ces *Cocci* pour les distinguer des *Micrococcus Carbo* de la houille dont les fonctions étaient analogues, tout en donnant naissance à des produits différents.

Les bois de Bouleau et d'Aulne que nous avons étudiés précédemment dans les tourbes de Fragny et de Louradou ne nous ont pas présenté, dans l'épaisseur des parois des vaisseaux et des cellules, les chaînettes analogues à celles que nous venons de signaler dans les parois des trachéides et des cellules d'un bois de Conifère, cela tient vraisemblablement à ce que les épaississements sont plus importants dans ce dernier bois que dans ceux d'Aulne et de Bouleau. Cette hypothèse se trouve vérifiée par quelques préparations faites dans un bois d'Angiosperme du lignite de Durfort, l'intérieur des cellules et des vaisseaux est tapissé d'une couche brune, craquelée, fendillée, contenant des *Cocci*; cette sorte de vernis desséché est insoluble dans l'eau, l'alcool, la benzine, l'ammoniaque, la potasse diluée, mais se dissout dans les acides étendus, c'est peut-être une combinaison de produits ulmiques avec la chaux. Les cellules et les vaisseaux débarrassés de cette couche interne deviennent plus transparents et leurs parois paraissent couvertes de Microcoques, mais on ne découvre pas dans leur faible épaisseur de chaînettes bactériennes; certains vaisseaux se distinguent des autres par l'abondance de *Cocci* qui remplissent leur cavité.

LIGNITE DE VICENCE

PL. XVI, FIG. 4 & 8.

Les cinq préparations figurées ont été faites dans un fragment de pétiole de feuille de palmier transformé en lignite et provenant des couches tertiaires

des environs de Vegroni (1). Les tissus sont assez bien conservés et on peut les observer à la loupe ; les cellules et les vaisseaux ont subi cependant une compression assez forte pour qu'ils soient très aplatis dans les régions qui n'ont pas été soutenues par une pétrification calcaire. Nous avons représenté Fig. 4 et 5 en a, les coupes transversale et longitudinale d'une cellule remplie d'une matière pulpeuse provenant peut-être de la désorganisation de grains d'amidon ; on distingue assez nettement, au milieu de la matière désorganisée, des Microcoques mesurant $0,5\ \mu$.

Les coupes longitudinales Fig. 6 et 7 présentent des cavités a, a, remplies de Bactériacées, et de grandes cellules b, b dont le contenu rouge brun autrefois liquide montre un certain nombre de Microcoques et de spores de Bactériacées.

La grande cellule Fig. 8, contient également une substance qui a été fluidifiée, de couleur rouge brun, et creusée de nombreuses vacuoles de forme et de taille diverses ; ces cellules assez nombreuses rappellent celles que nous avons décrites dans les rayons médullaires des Bouleaux et des Aulnes et regardées comme remplies d'une modification du protoplasma et des grains d'amidon qui y étaient inclus.

Le peu d'altération de la plupart des autres tissus doit provenir de ce que la fronde en question n'a pas eu un séjour prolongé dans les eaux, elle a été promptement recouverte par les argiles au milieu desquelles on l'a rencontrée avec beaucoup d'autres, les eaux calcaires ont cimenté cette argile et ont déterminé la formation de nombreux cristaux spathi-

(1) Les couches de Vegroni province de Vicenza (Italie) où ont été recueillies un certain nombre de feuilles de Palmiers appartiennent à l'étage Tongrien.

ques à l'intérieur même du lignite en voie de formation, la décomposition a été de cette façon assez vite arrêtée.

LIGNITE DE SAINTE-COLOMBE (YONNE)

PL. XVII, FIG. 1 et 2.

Nous représentons, FIG. 1, une coupe transversale d'un bois de Conifère transformée en jayet, la matière minéralisante est une petite quantité de carbonate de chaux.

Le tronc était enfoui entre des lits d'argiles bleuâtres, calcaires (marnes à ciment) et fortement aplati. Les trachéides se présentent sous la forme d'ellipses très allongées *a*, la cavité centrale se réduit à une lame très mince, quelquefois même elle a complètement disparu ; cependant quelques trachéides ont été protégées *b*, par des infiltrations calcaires qui ont rempli la cavité.

Ce lignite brûle avec une flamme éclairante, fuligineuse, répandant une odeur de résine, sans se boursoufler, le coke est dur et brillant.

Sur une coupe transversale des trachéides on distingue nettement leur contour marqué par la membrane moyenne, et en même temps de nombreux microcoques mesurant $0,5 \mu$ *a*, FIG. 1. Comme ce bois appartient à une Conifère les parois des trachéides sont épaisses ; les *Cocci* ont suivi une marche analogue à celle que nous avons signalée dans les lignites de Durfort, c'est-à-dire que de la face interne des trachéides partent des files de *Cocci* qui se dirigent vers les membranes moyennes ; mais le lignite de Sainte-Colombe étant plus fait que celui de Durfort, on n'y distingue pas les zones d'accroissement des trachéides que nous avons mentionnées, les microcoques extrêmement nombreux

sont noyés dans une sorte de pulpe qui limitée par les restes de la membrane moyenne constitue actuellement la paroi de la trachéide. On conçoit facilement que cette pulpe jadis assez molle ait cédé sous la pression et ait pu prendre l'aspect de cylindre aplati que l'on voit FIG. 1, PL. XVII. Cette déformation des trachéides a dérangé l'alignement des Bactériacées, on les rencontre moins fréquemment sous la forme de chaînettes ou de Streptocoques. La FIG. 2 montre, en a, une quantité énorme de microcoques ou de spores de Streptocoques. L'épaisseur des membranes communes est absolument remplie par des Bactériacées.

CUTICULES DE TOVARKOWO ET DE MALEVKA

PL. XVI, FIG. 9 à 13.

A la suite des Lignites nous croyons devoir dire quelques mots d'une couche curieuse de combustible formée uniquement de cuticules de *Bothrodendron* (1) et d'acide ulmique interposé ; il y a là un exemple remarquable de sélection, et d'un stade intéressant dans la décomposition des matières organiques végétales.

Ces amas de cuticules se trouvent dans le gouvernement de Toula, sur divers points, à Milenino, dans les mines de Tovarkowo et de Malevka, à la partie supérieure de la formation houillère de cette région (culm inférieur) et forment une couche de combustible d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur, recouverte seulement de dépôts sablonneux et s'étendant sur une surface de plusieurs kilomètres carrés, elle a été désignée

(1) Les *Bothrodendron* sont des Lycopodiacées fort anciennes distinctes des *Lépidodendrons* par la forme de leurs cicatrices et par quelques autres particularités.

quelquefois sous les noms de *Blatterkohle* et de *Papierkohle*.

Les membranes végétales qui ont conservé toute leur souplesse sont séparées par une substance noire très friable (acide ulmique) qui forme en certains points près des $\frac{4}{5}$ de la masse.

On remarque, au travers, quelques débris de plantes vivantes, tels que radicelles, fragments de tigelles, mais leur présence n'est qu'accidentelle. Tantôt les cuticules se présentent sous la forme de lamelles plus ou moins larges, déchirées, tantôt sous celle d'anneaux complets, mais sans traces de tissus quelconques enveloppés; les deux faces internes de l'anneau aplati sont en contact et souvent fort difficiles à séparer, soudées par la matière noire ulmique assemblée en dedans et en dehors de l'anneau et qui semble avoir été produite par les portions de végétaux qui ont disparu.

Ces cuticules, d'âge fort ancien, portent à leur surface de nombreuses Bactériacées.

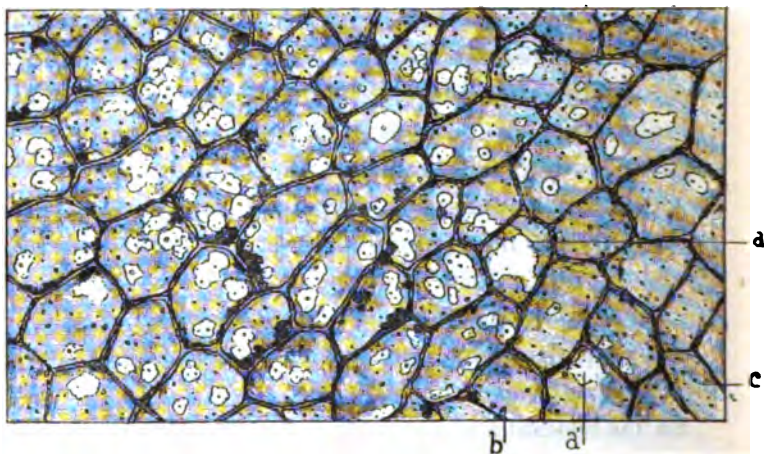
En les traitant à plusieurs reprises par l'ammoniaque froide ou bouillante on parvient à les débarrasser assez facilement de l'acide ulmique et à les rendre observables au microscope. Le liquide que l'on sépare est de couleur très foncée et renferme même, s'il provient d'un traitement par l'ammoniaque bouillante, un nombre considérable de microorganismes animés d'un mouvement brownien dont nous n'avons pas à nous occuper pour le moment.

Quant aux cuticules étudiées, elles présentent certaines différences d'aspect suivant qu'on les examine à la face interne ou à la face externe.

A l'œil nu ou à la loupe, la face externe paraît unie et luisante; la face interne est mate et terne à cause des empreintes en creux laissées par les cellules épidermiques.

Les FIG. 9 et 10, PL. XVI, montrent à un faible grossissement $\frac{120}{1}$, l'aspect de la face interne ; en a, on distingue les fines granulations produites par les Bactériacées ; en b, des espaces irréguliers qu'elles y ont creusés.

FIG. 7.



Cuticules de Torarkouco, face interne grossie 400 fois.

a, a', régions où la membrane a été plus ou moins corrodée par les Bactériacées ; b, microcoques ou spores de Bactériacées restées adhérentes à la membrane ; c, réseau cuticulaire qui pénètre d'une façon très marquée entre les cellules de l'épiderme.

Sous un grossissement plus considérable (FIG. 7 du texte) nous voyons très nettement la forme irrégulière des cellules épidermiques dessinée par la portion de cuticule qui pénétrant entre les cellules, forme le réseau c.

La membrane semble amincie et comme rongée dans un grand nombre de mailles a, a', les espaces plus clairs qui résultent de ces amincissements ont des formes très irrégulières comme le montrent les FIG. 9,

PL. XVI *b*, et *a*, *a'* FIG. 7 du texte, il arrive quelquefois que la membrane est complètement perforée.

Dans certains échantillons, les amincissements au lieu de produire des plages plus ou moins larges, irrégulières, se sont effectués suivant des lignes qui partent des bandes du réseau convergent vers le centre des mailles ; il n'est pas rare non plus de voir des amincissements de plus en plus prononcés former dans chaque maille des gradins successifs à partir du contour et aboutir à une perforation centrale.

Ces traces évidentes de destruction que présente la face interne des cuticules peuvent être attribuées à l'action bactérienne ; on remarque en effet, dans toutes les régions qui ont été entamées, un nombre plus ou moins considérable de granulations : *a'*, FIG. 13, PL. XVI ; *b* FIG. 7 du texte, tantôt isolées, disposées en ligne, par deux ou par trois, souvent quand elles sont placées sur une portion de la membrane qui ne paraît pas corrodée, elles occupent cependant une cavité de même forme qu'elles ont creusée dans son épaisseur.

Ces granulations sont arrondies, peu colorées, leur diamètre varie entre $0,5\mu$ et $0,7\mu$ et entre 1μ et $1,3\mu$, nous pensons que ces granulations sont des Microcoques et des spores de Bactériacées qui ont gardé sensiblement leur forme et ont été conservés par un procédé semblable à celui qui a permis aux cuticules sur lesquelles on les rencontre de traverser la longue série de siècles qui séparent l'époque actuelle de l'époque du Culm inférieur de la Russie.

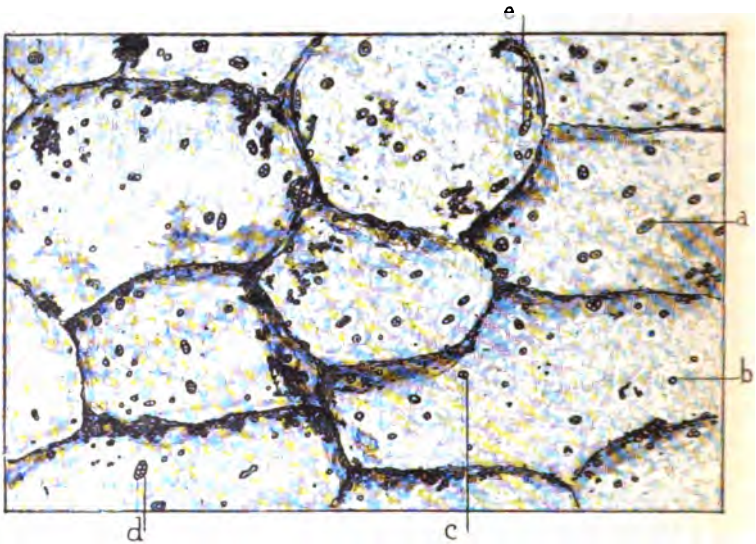
La fragilité de leur enveloppe doit être très grande et pourtant ces Microcoques résistent à plusieurs traitements par l'ammoniaque, à l'action d'une dissolution de potasse au 1/10, à celle de l'acide chlorhydrique étendu froid ; ils disparaissent au contraire dans une dissolution bouillante de ce même acide étendu, et on

trouve à leur place la cavité qu'ils occupaient présentant la forme de leur groupement primitif.

On ne peut supposer que ces granulations soient dues à la présence de poussières siliceuses ou calcaires qui se seraient déposées à la surface interne des cuticules, car ces granulations sont incrustées dans l'épaisseur même des membranes végétales a (Fig. 12 et 13, PL. XVI); de plus, dans le cas de la silice, elles résisteraient à l'action de l'acide chlorhydrique froid ou chaud; dans le cas d'un carbonate, il y aurait (même à froid) un dégagement gazeux facile à constater, au microscope on ne voit rien de semblable (1).

A l'œil nu ou à la loupe, comme nous l'avons dit

FIG. 8.



Cuticule de *Torarkowco*, face externe grossie 800 fois

a, *Bacillus exiguus*; b, microcoque isolé; c, microcoque en voie de division; d, microcoques groupés en colonie; e, spores de bacilles.

(1) Traitées par l'alcool, la benzine, ces granulations ne se dissolvent pas.

plus haut, la face extérieure des cuticules paraît plus lisse et plus unie que la face interne qui porte le réseau dont nous avons parlé.

Cependant, elle se montre parsemée d'un assez grand nombre de granulations semblables à celles qui recouvrent certaines régions de la face interne. Soumises aux mêmes traitements, elles se conduisent d'une façon identique, tantôt ces granulations sont isolées *b* (FIG. 8 du texte), tantôt elles sont sous la forme de diplocoques *c*, d'autres fois elles se montrent groupées en colonies *d* ou encore disposées en lignes droites *e*, (FIG. 8) et *b c* (FIG. 9 du texte), mais à cet état elles représentent plutôt les spores d'un Bacille ayant sporulé.

Les dimensions sont les mêmes que celles que nous avons signalées pour les granulations de la face interne, c'est-à-dire que l'on peut former deux groupes renfermant des granulations dont les unes ont un diamètre mesurant $0,5 \mu$ environ, les autres 1μ . Nous les avons désignées sous le nom de *Micrococcus Zeilleri* Var. *a*, var. *b*.

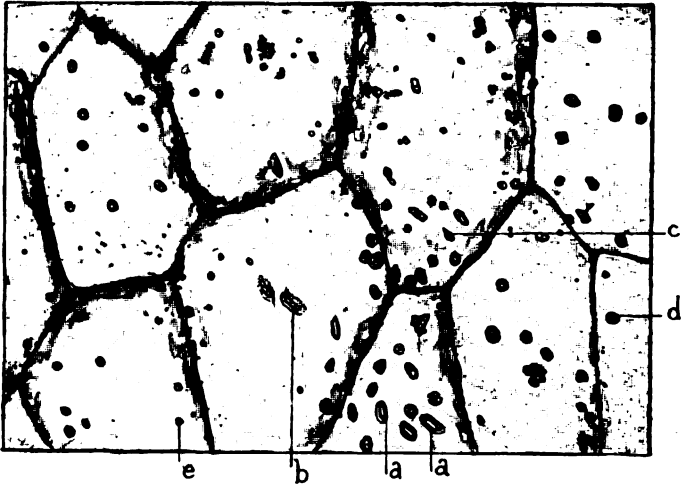
Nous en séparons celles dont le diamètre varie de $0,7 \mu$ à 1μ et qui sont groupées par trois en chaînette, car il est plus probable qu'elles représentent des spores de Bacilles, et non des Microcoques.

BACILLUS MOSCOVIANUS

b, FIG. 11 et 13. PL. XVI : *a a* et *b*, FIG. 9 du texte.

Le *Bacillus moscovianus* se présente sous la forme de bâtonnets cylindriques le plus souvent isolés, quelquefois groupés par deux (FIG. 13), mesurant $2,5 \mu$ de longueur et $0,7$ de largeur; les deux extrémités de la cellule sont arrondies, souvent le Bacille paraît fixé dans une cavité, qu'il a creusée dans la cuticule.

FIG. 9.



Cuticule de Tovarkovo, face externe grossie 800 fois.

a, *bacillus moscovianus*; *b*, le même divisé en trois parties; *c*, le même encore ayant produit trois spores; *d*, *e*, microcoques isolés.

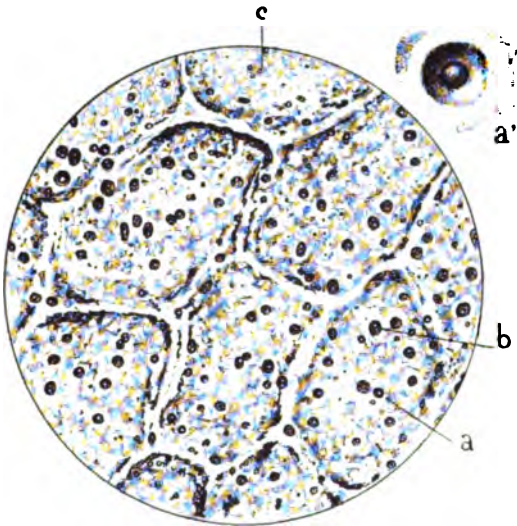
On le rencontre fréquemment divisé en trois parties *b* (FIG. 9); chacune d'elles produit une spore *c* (FIG. 9) et *b* (FIG 11 et 13 PL. XVI).

Il est clair qu'à l'état de liberté et séparées, ces spores peuvent être facilement prises pour des Microcoques; mais comme elles sont incapables de produire des érosions sur les cuticules, elles ne peuvent être qu'à la surface et non dans une cavité comme cela se remarque pour les Microcoques.

Bacillus exiguus (FIG. 8 du texte, *a*), bâtonnets cylindriques arrondis à leurs extrémités, longs de $2,5 \mu$ et larges de $0,3 \mu$, de couleur sombre, contenus dans une dépression elliptique.

Dans la plupart des cas, on distingue autour des Microcoques et des Bacilles un espace circulaire ou elliptique *a*, *c* (FIG. 11 du texte) *a*, *b* (FIG. 13, PL. XVI).

FIG. 10.



Portion de cuticule traitée à froid par l'acide chlorhydrique,
grossie 850 fois.

a, cavités coniques au fond desquelles se voit un Microcoque; *a'*, une de ces cavités plus grossie; *b*, cavité elliptique contenant deux Microcoques; *c*, groupe de Microcoques dans une même cavité.

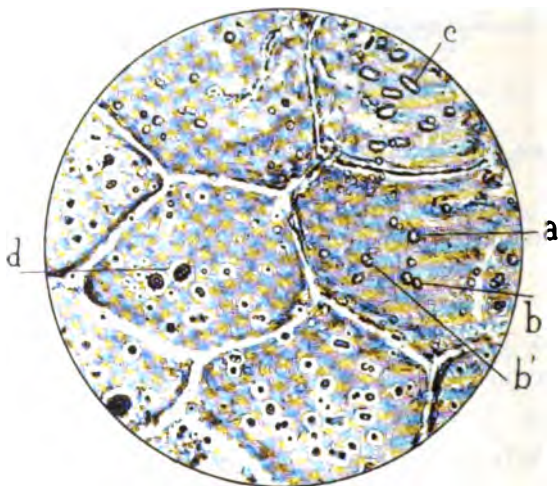
a FIG. 9 *a, b, d* · FIG. 10 du texte, où la membrane paraît avoir subi une altération due sans doute à leur présence. Cette altération, comme nous l'avons fait remarquer, s'étendait non seulement en largeur mais encore en profondeur puisque nous avons rencontré de nombreuses perforations.

Il est clair qu'après le traitement à chaud des cuticules par l'acide chlorhydrique étendu et chaud l'aspect de la surface doit changer d'une façon sensible; en effet, les membranes délicates des Microcoques et des Bacilles étant enlevées ou détruites, il ne reste plus de visibles que les érosions qu'ils ont produites.

Nous donnons FIG. 10 et FIG. 11 du texte, deux

portions de la même cuticule dont l'une a été lavée par l'acide chlorhydrique froid, et l'autre par l'acide étendu bouillant. Sur la première, on reconnaît facilement que les Bactériacées sont placées, pour la plupart, dans l'épaisseur même de la membrane végétale, les unes sont isolées au fond d'une sorte d'entonnoir dont la grande base est circulaire et tournée vers l'extérieur *a*, *a'* FIG. 10, les autres groupées par deux ou par trois (Diplocoques et Bacilles) occupent une cavité elliptique à bords également inclinés *b*. D'autres enfin adhèrent simplement à la membrane (spores).

FIG. 11.



Portion de cuticule traitée à chaud par l'acide chlorhydrique étendu.

Gross. $\frac{850}{1}$

a, trous laissés par le départ des Microcoques isolés; *b*, traces laissées par des Diplocoques; *b'*, un Diplocoque qui n'a pas été enlevé; *c*, traces laissées par des Bacilles; *d*, quelques cavités encore occupées par des Bactériacées.

Sur la FIG. 11 qui représente une cuticule traitée par l'acide étendu et bouillant, la plupart des Bacté-

riacées ont disparu, la membrane paraît comme trouée à la place qu'ils occupaient.

Là où il n'y avait qu'un seul microcoque le fond de la cavité conique est représenté par un cercle plus lumineux, *a* ; s'il y en avait deux le fond est elliptique, *b*. Dans le cas de Bacille divisé ou non en spores on remarque une bande claire plus ou moins élargie, *c*.

Les érosions que l'on observe se présentent donc : tantôt sous la forme d'une ouverture à contour net, régulier, dont le diamètre est à peine plus grand que celui du Microcoque qui l'a produite ; tantôt sous la forme d'entonnoirs circulaires ou elliptiques plus ou moins profonds, le travail de la Bactérie ayant été de plus ou moins grande durée. D'autres fois ce sont des plages à bords irréguliers, accidentés surtout à la face interne des cuticules, ou bien encore des espaces elliptiques plus ou moins allongés résultant de l'action de Bacilles.

Des observations qui précèdent nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Les cuticules de Tovarkowo portent à leur face interne et à leur face externe des érosions analogues à celles que produisent les Bactériacées, elles sont plus marquées à la face interne.

2° Après plusieurs traitements par l'ammoniaque bouillante, ou par une dissolution de potasse à 1/10 froide, ces membranes débarrassées de l'acide ulmique conservent sur leurs deux faces des granulations sphériques semblables à des Microcoques mesurant 0,5 μ et 1 μ environ, à parois très minces, peu colorées ; nous les avons désignées sous le nom de *Micrococcus Zeilleri* Var. *a*, Var. *b*.

3° En outre de ces formes coccoïdes nous avons cru devoir signaler comme formes indépendantes deux

espèces de Bacilles, le *Bacillus moscovianus*, long de 2,5 μ et large de 0,7 μ , et le *Bacillus exiguus*, long de 2 μ et large de 0,3 μ .

4° Après le traitement à chaud par l'acide chlorhydrique étendu, les Bactériacées, sont partiellement détruites sur les deux faces, et il ne reste de visibles que les nombreuses érosions qu'elles ont produites.

5° La disparition de ces Bactériacées peut provenir du peu de consistance de leurs parois composées originellement d'une substance moins résistante que celle qui constitue les cuticules, ou simplement d'un enlèvement par action mécanique produit par le liquide.

Les cuticules de Tovarkowo ne sont pas houillifiées (nous donnons plus loin leur composition) et cependant elles ont résisté à une longue série de siècles, en conservant leur souplesse, la propriété de se distendre dans l'eau et la glycérine aqueuse, l'alcool ordinaire, le toluène ; dans ce dernier liquide la distension de la membrane sèche atteint 1/7 de ses dimensions.

Nous ne supposons pas que les érosions que nous avons signalées soient dues au travail de Bactériacées vivantes, car celles-ci ayant eu un temps immense pour accomplir ce travail n'auraient pas laissé de traces de cuticules.

Nous admettons que ce sont les Bactériacées de l'époque du Culm qui ont attaqué les Bothrodendrons tombés ou entraînés dans des marais, déterminé la macération à la suite de laquelle *tous les tissus* sauf les cuticules ont disparu, et que même elles auraient eu raison de ces dernières, si quelque cause n'était intervenue pour mettre un terme à leur action destructive.

Cette cause peut être la conséquence de la macération même ; nous avons vu précédemment, en effet, que les tourbes et les lignites contenaient une certaine pro-

portion d'acide ulmique, provenant de l'altération des tissus; entre les feuillets des cuticules de Tovarkowo il existe une quantité de cette substance relativement plus considérable que dans les lignites et les tourbes; ce pourraient être des combinaisons de ce corps ou de quelques composés analogues en dissolution dans les eaux brunes, qui par leur accumulation aurait suspendu le travail des Bactériacées dont un certain nombre sont restées en place, contribuant par elles-mêmes, dans une faible mesure il est vrai, à la formation du combustible.

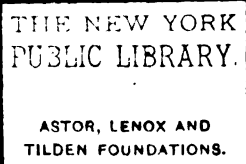
Nous croyons utile de rappeler la composition chimique des cuticules débarrassées complètement de principes ulmiques.

*Composition chimique des cuticules de Bothrodendron
du culm de Tovarkowo.*

Cendres 8,77

La matière organique contient :

C.....	74,69
H.....	9,75
O.....	14,59
Az.....	0,97



G. BERTRAND.

D'après Frémy la composition des cuticules d'Agave et de Lierre serait :

Agave		Lierre	
C...	68,29	C...	68,42
H...	9,55	H...	9,48
cendres? O, Az..	22,15	O et Az..	22,10 et cendres?

En admettant que ces cuticules aient donné une quantité de cendres (non dosées) égale à celle des cuticules fossiles, on obtiendrait :

Agave		Lierre	
C...	74,84	C...	74,99
H...	10,47	H...	10,39
O, Az..	14,67	O, Az..	14,61

L'analyse des membranes de Tovarkowo donne :

$$\frac{C}{H} = 7,6 \qquad \frac{C}{O} = 5,1$$

et celle des cuticules d'Agave et de Lierre :

$$\frac{C}{H} = 7,1 \quad \frac{C}{O} = 5,1 \quad - \quad \frac{C}{H} = 7,2 \quad \frac{C}{O} = 5,1$$

De part et d'autre les rapports sont les mêmes et il est à croire que les cuticules de *Bothrodendron* n'ont pas changé de composition depuis l'époque du Culm. Il est assurément bien surprenant de rencontrer dans ces membranes végétales une aussi grande résistance à la destruction. Si comme nous l'avons supposé le travail bactérien a été arrêté par l'abondance croissante d'acide ulmique, la présence de cet acide imprégnant les cuticules ne serait peut-être pas étrangère à cette curieuse immunité ; une remarque importante à faire porte sur la nature de ce travail qui ne ressemble pas à celui exécuté sur les végétaux transformés en lignite ou en houille. Dans ces combustibles la composition chimique des tissus attaqués change avec l'avancement du travail, ainsi que le prouvent les analyses faites sur des bois à différents états de décomposition, ce qui doit être, puisque chacun des tissus qui composent l'ensemble disparaît à son tour, dans l'ordre inverse de sa résistance ; pour les cuticules au contraire, l'action bactérienne ne change en rien la composition de ce qui reste, elle ne fait que dissoudre peu à peu la membrane comme le montrent les nombreuses érosions qui couvrent sa surface et avec le temps finirait par la faire complètement disparaître.

SCHISTES BITUMINEUX RÉCENTS

En même temps que sur les tourbes et les lignites nous avons cru devoir faire quelques recherches sur les schistes bitumineux qui donnent à la distillation de nombreux produits condensables, dont l'origine peut être minérale, c'est-à-dire provenir de la condensation dans ces schistes de carbures d'hydrogène venant des profondeurs et qu'on redistillerait à nouveau, ou bien résulter simplement de la décomposition par la chaleur à laquelle on les soumet, des matières animales et végétales qu'ils contiennent.

Ces deux origines peuvent se rencontrer ; nous allons examiner quelques schistes bitumineux bien connus, et voir si les matières organiques qu'on y rencontre sont en quantité suffisante pour que, soumises à la chaleur, elles puissent fournir les produits gazeux ou liquides qu'on recueille à la distillation.

SCHISTES BITUMINEUX DE MENAT

Les schistes de Menat appartiennent comme l'on sait à l'époque aquitanienne (Oligocène) ; ils sont fissiles, se délitent facilement à l'air, et leur calcination donne du tripoli à cause des nombreuses diatomées qui s'y rencontrent et du noir animal par suite des débris animaux et végétaux intercalés.

La séparation du schiste en minces feuillets est facilitée par de nombreuses empreintes végétales, généralement des feuilles appartenant au genre *Planera*, *Liquidambar*, *Cinnamomum*, *Persea*, etc. En dehors de ces empreintes souvent dépourvues de matières organiques il était intéressant de rechercher la compo-

sition anatomique (si l'on peut s'exprimer ainsi) du schiste lui-même.

Des coupes minces montrent une gangue peu colorée formée par la matière minérale tenant en suspension des corps organisés variés.

La Fig. 3, Pl. XVII montre sous un grossissement de 75 diamètres le corps écrasé d'un Insecte, en a, on voit l'abdomen dont on distingue vaguement quelques articles, en b, diverses pièces et appendices détachés, en c, de nombreux poils raides et acérés provenant du tégument.

La Fig. 4 représente sous le même grossissement un autre Insecte de taille plus réduite; l'écrasement des tissus ne permet pas de décider si l'on a affaire à un Insecte ou à une dépouille.

Champignons.

Les conidies de champignons sont assez fréquentes; nous en citerons quelques-unes :

HELMINTHOSPORIUM FOLLICULATUM

FIG. 5, PL. XVII, a. Gros. $\frac{155}{4}$.

Conidie formée de cinq cellules, longues de 40 μ environ, la cellule terminale est arrondie, haute de 12 μ et large de 11, la hauteur moyenne des autres cellules est de 10 μ et leur largeur de 10 μ . La conidie est presque cylindrique.

Les conidies de l'*Helminthosporium folliculatum* vivantes mesurent 45 à 55 μ de longueur et 12 μ de largeur; la cellule apicale est moins arrondie que celle de notre espèce, aussi n'est-ce qu'un simple rapprochement que nous signalons. L'*Helminthosporium folliculatum* vit sur les rameaux de Charme.

HELMINTHOSPORIUM TRICHELLUM ?

FIG. 6, a.

Conidie longue de 46 μ environ, large de 11 μ au sommet, composée de 6 à 7 cellules allant en diminuant de diamètre assez régulièrement du sommet à la base; la plus inférieure ne mesure que 5 à 7 μ en largeur.

Gros. $\frac{215}{1}$.

L'*Helminthosporium trichellum* vivant possède des conidies longues de 50 à 60 μ , et larges de 15, il se rencontre sur les écorces de *Magnolia glauca*.

HELMINTHOSPORIUM REGULARE

FIG. 7

Conidie longue de 43 μ , composée de cinq cellules; cellule apicale arrondie, haute de 14 μ , et large de 19, les autres cellules diminuent régulièrement de hauteur et de largeur, leurs parois extérieures sont convexes et simulent de petites sphères aplaties aux surfaces de contact, allant en diminuant de diamètre du sommet à

la base de la conidie. Gros. $\frac{210}{1}$.

HELMINTHOSPORIUM SUBSTRIIFORME

FIG. 8

Conidie de forme ellipsoïdale, longue de 32 μ et large de 16 μ composée de 4 à 5 cellules, la conidie s'atténue en pointe pour venir s'attacher au pédicelle; ce dernier est composé de cellules cylindriques larges de 12 μ et hautes de 6 μ ; les cellules supérieures diminuent de diamètre assez rapidement jusqu'à 5 μ pour venir se souder à la base de la conidie.

Cette espèce présente quelques analogies avec l'*H. striiforme* de Corda sous le rapport de la forme

et du mode d'attache de la conidie, mais elle en diffère par les dimensions de cet organe qui dans le vivant ne mesure que 22 à 25 μ et par la forme des cellules du pédicelle qui sont beaucoup plus courtes dans l'échantillon que nous avons figuré.

D'autres conidies ont été signalées dans les schistes de Menat (1); elles sont communes au Lignite éocène de l'Hérault décrit ci-dessus; ce sont 1° l'*Helminthosporium apioïdes* composé de deux ou trois loges mesurant suivant les variétés 12 μ en longueur et 6 μ en largeur, ou 20 μ et 8 μ ; 2° l'*Helminthosporium macrocarpum* Var. *minus*, conidie comprenant 6 à 7 loges, longues de 48 μ et larges de 9 μ .

Les deux genres suivants ont été également rencontrés dans le lignite de l'Hérault et les schistes de Menat; ce sont :

L'*Helminthosporium pupaeforme*, mesurant environ 33 μ de hauteur et 10 μ de largeur, et le *Morosporium lignitum*, mais dans les schistes de Menat les conidies de ce dernier genre ne mesurent que 19 μ tandis qu'elles atteignent 42 μ dans le lignite de l'Hérault.

Un fragment de fructification composé de quatre spores arrondies, les deux extrêmes mesurant 5 μ et les deux intermédiaires 9 μ environ, pourrait être rapporté à quelque *Penicillium*.

Nous signalerons encore dans les schistes de Menat des spores sphériques de 40 μ de diamètre munies de 6 petits tubes cylindriques, placés symétriquement dans deux plans équatoriaux qui se coupent à angles droits; l'un de ces tubes a émis un filament germinatif recourbé terminé en pointe et long de 51 μ .

(1) Renault et Roche *Constitution des Lignites* (Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Autun. Séance du 17 avril 1898).

Fréquemment on y rencontre des corps jaunes ou rouge-brun, de forme irrégulière, de grandeur très variable ; ces corps sont généralement aplatis, à bords plus ou moins déchiquetés b FIG. 6, 7, 8, qui rappellent ceux que nous avons signalés dans les tourbes et les lignites ; il n'est pas rare d'y rencontrer quelques fragments de cellules et de vaisseaux. La FIG. 10 montre, au milieu d'une masse à contours mal définis, un lambeau de vaisseau rayé dont on distingue quelques ornements, de sorte que nous sommes porté à regarder la plupart d'entre eux comme provenant de l'altération plus ou moins complète de débris végétaux : cellules d'épiderme, de liège, mycéliums de Champignons, fragments chytineux d'animaux, etc.

Diatomées

Les schistes de Menat renferment une grande quantité de Diatomées dont les carapaces nombreuses justifient l'emploi de ces schistes calcinés comme tripoli, nous n'en ferons pas l'étude, nous ne citerons que quelques-unes d'entre elles.

Beaucoup rentrent dans la famille des *Cymbelleae* et viennent se ranger dans le genre *Amphora*.

AMPHORA SUBOVALIS

FIG. 9, PL. XVII. Gros. $\frac{215}{1}$.

Frustules libres, de forme ovale, bordure interne marginale mesurant $22\ \mu$ suivant le grand axe et $12\ \mu$ suivant le petit, on voit en a, un amas de ces Diatomées, mais leur conservation laissant à désirer nous les désignerons sous le nom de *sub-ovalis*.

Les *Amphora ovalis* habitent les eaux douces.

Quelques autres Diatomées rappellent certaines formes de *Triceratium*, *Eupodiscus*.

On y a signalé des *Cocconema*, des *Eunotia*, des *Fragilaria*, des *Gomphonema*, etc.

On voit que les schistes du Menat renferment, en dehors de la partie organique sans structure qui enveloppe les matières minérales, une proportion considérable de débris dont on peut déterminer avec certitude l'origine animale ou végétale.

SCHISTES BITUMINEUX DU BOIS D'ASSON

PL. XVII, FIG. 11 à 18.

Les Schistes bitumineux et les gypses de Dauphin et du Bois d'Asson forment la partie inférieure du Tonnien dans le bassin de Manosque.

De nombreuses préparations faites dans les schistes du Bois d'Asson nous ont montré une grande quantité de débris appartenant au règne animal et au règne végétal, nous en citerons quelques-uns.

Les Eponges semblent avoir vécu en grand nombre dans le lac où se sont déposées les assises schisteuses, car toutes nos préparations renferment de nombreux spicules siliceux (1). La forme la plus fréquente que nous ayons rencontrée appartient aux *monactines*, *b* (Fig. 16, 18) ou styles proprement dits, dont les deux extrémités sont également ou inégalement pointues.

(1) Ces spicules sont formés de silice amorphe hydratée analogue à l'opale; le nombre de molécules d'eau paraît variable. Pour une molécule de H_2O on a trouvé 2 à 5 SiO_2 ; la potasse, l'acide fluorhydrique les dissolvent et il reste après l'action de l'acide un axe de matière organique et une mince membrane de même forme que le spicule; la silice est déposée en couches concentriques entre la membrane et l'axe organique.

Amiboïdes variés.

Pl. XVII, a, Fig. 11.

Squelette siliceux, de forme oblongue, haut de $145\ \mu$ et large de 133 . La carapace est percée de nombreuses ouvertures hexagonales ou arrondies, larges de $13\ \mu$, par où passaient les pseudopodes; en l'absence de ces derniers, nous ne pouvons dire si cet Amiboïde appartient au genre *Hedryocystis* ou *Clathrulina*, ou s'il ne constituerait pas un genre particulier. La conservation des pseudopodes ne paraît pas impossible comme le montre l'espèce suivante.

Les Amiboïdes radiés sont caractérisés comme on sait par des pseudopodes grêles, ordinairement pointus, rayonnant autour de la surface du corps.

DACTYLODISCUS TRIANGULARIS, n. sp.Fig. 12. Gros. $\frac{155}{1}$.

Corps nu, sans squelette siliceux ni pédoncule, en forme de disque aplati subtriangulaire, muni de nombreux pseudopodes (32) en forme de rubans terminés en pointe aux deux extrémités, inégaux, les plus longs correspondent aux angles du disque et mesurent $92\ \mu$, sur une largeur maximum de $5,7\ \mu$, le disque offre une largeur de $20\ \mu$; l'Amiboïde en question présente donc un développement total de $204\ \mu$.

Le protoplasma possède une couleur rouge brun et si ses différentes parties étaient dispersées dans la matière minérale, comme elles sont amorphes, elles pourraient être prises pour des traînées résinoïdes.

Champignons.**DIPLOSPORIUM OVALE**

Fig. 13, a. Gros. $\frac{170}{1}$.

Conidies formées de deux cellules parfaitement semblables, de forme ovoïde, longues de $25\ \mu$ et larges de $13,8$, les deux cellules qui les composent sont arrondies aux extrémités libres et mesurent $12,6\ \mu$ de hauteur.

Le genre *Diplosporium* vivant possède des conidies de 20 à 28 de long et 8 de large et croît sur les rameaux en décomposition. Notre espèce en diffère par sa forme plus régulière et par sa largeur plus grande.

HELMINTHOSPORIUM OBOVATUM

Fig. 14, a. Gros. $\frac{155}{1}$.

Conidies formées de trois cellules, piriformes, longues de $27\ \mu$ environ, larges de $16\ \mu$, la cellule apicale est hémisphérique dans sa partie libre, haute de $13,8\ \mu$, les cellules suivantes diminuent rapidement de diamètre et donnent une forme conique à cette portion de la conidie.

Les *Helminthosporium obovatum* vivants ont des conidies qui mesurent $25\ \mu$ de hauteur et 13 de largeur, la forme en est semblable à celle de notre espèce.

MACROSPORIUM SUBTRICHELLUM

Fig. 15, a. Gros. $\frac{215}{1}$.

Conidie de forme elliptique, composée de huit cellules déterminées par une sorte de cloison longitudinale et trois cloisons transversales, la hauteur de la conidie est de $27,6\ \mu$, sa largeur maximum est de

14 μ ; les deux cellules supérieures mesurent 9 μ de hauteur, les deux suivantes 7 μ et les quatre autres 6 μ .

Les *Macrosporium trichellum* vivants auxquels nous comparons nos conidies fossiles ont des conidies longues de 30 à 35 μ et larges de dix-huit; elles sont munies de quatre à cinq rangées de cellules superposées, mais qui alternent souvent au lieu d'être disposées par files, comme celles de notre espèce, qui rappelle certains *Sirodesmium*. Cette espèce se développe sur les feuilles d'*Evonimus japonicus*.

HELMINTHOSPORIUM STRIIFORME var. *majus*.

FIG. 16, a. Gros. $\frac{215}{1}$.

Conidie formée de 4 à 5 cellules piriformes, longue de 41 μ et large de 23, la cellule apicale est hémisphérique et mesure 15 μ de hauteur; les cellules de base se terminent rapidement en pointe.

L'*Helminthosporium striiforme* vivant a des conidies plus petites, leur hauteur varie de 22 à 25 μ et leur largeur de 10 à 12 μ .

HELMINTHOSPORIUM NODOSUM

FIG. 17, a. Gros. $\frac{215}{1}$

Conidie formée de quatre cellules, de forme cylindrique arrondie aux deux extrémités, longue de 30 μ et large de 11,5, la cellule apicale hémisphérique mesure 9 μ de hauteur, celle de base a la même forme et les mêmes dimensions, les cellules intermédiaires sont hautes chacune de 5,7 μ .

La conidie tient encore à un pédicelle formé de cellules alternativement de grandeur inégale, celle qui est adhérente au pédicelle mesure 9 μ en hauteur et 7 μ en largeur; la suivante offre une hauteur de 11 μ et

une largeur de 9,2; le couple suivant présente les mêmes dimensions. Les conidies sont presque toujours désarticulées, le nom spécifique rappelle l'apparence noueuse du pédicelle.

SIRODESMIUM SUB-GRANULOSUM

Fig. 18. Gros. $\frac{170}{1}$.

Conidies disposées en chapelet, composées de huit ou dix cellules placées sur quatre ou cinq rangées superposées parallèles, contenant chacune deux cellules de forme cubique; les conidies mesurent 50 à 57 μ de hauteur et 23 μ de largeur, les deux rangées extrêmes étant arrondies, elles ont une forme elliptique. La surface de contact des conidies entre elles est minime, par conséquent on les rencontre le plus souvent désarticulées.

Les *Sirodesmium granulorum*, dont nous rapprochons nos échantillons fossiles, ont des conidies de même forme, mesurant 30 à 50 μ de longueur et 12 à 16 de largeur, le nombre des cellules est à peu près le même; la taille de l'espèce vivante est plus faible, elle se développe sur le bois de chêne.

Les restes de Champignons rencontrés dans les schistes du Bois-d'Asson sont beaucoup plus nombreux que ceux que nous venons de citer, mais nous croyons que ceux-ci sont suffisants pour montrer la forte proportion de matière organique que cette Classe de végétaux y a introduite.

Diatomées.

Le nombre de Diatomées contenues dans les schistes du Bois-d'Asson est considérable; notre intention n'est pas d'en faire l'étude, ce qui nous entraînerait beaucoup

trop loin de notre sujet, nous nous contenterons d'en citer quelques espèces appartenant à la famille des Fragilaires.

FRAGILARIA DUBIA

Fig. 1, PL. XVIII. Gros. $\frac{155}{4}$.

Frustules réunies en assez grand nombre *a* ; comme aucune ne se présente de face, il est impossible de tenir compte des stries, les côtés n'en montrent pas et paraissent parfaitement lisses, la hauteur des frustules est d'environ 34 μ et la largeur de deux valves réunies 18 μ .

FRAGILARIA LATERE STRIATA

Fig. 2. Gros. $\frac{270}{4}$.

Frustules réunies en faisceau *a*, aucune ne se présentant de face, nous ne pouvons tenir compte des particularités qui s'y rencontrent ; les côtés montrent des stries ondulées partant des angles supérieur et inférieur de l'une des valves, mais en sens opposé en passant d'une frustule à la suivante. La hauteur est de 39 μ et la largeur de 23 μ .

Menus débris végétaux.

Les schistes du Bois d'Asson renferment une assez grande quantité de menus débris végétaux devenus souvent méconnaissables, de couleur rouge brun, mais qui parfois, comme ceux que nous avons rencontrés dans les schistes de Menat, montrent quelques traces d'organisation.

C'est ainsi que sur la Fig. 3, PL. XVIII, Gros. $\frac{175}{1}$ on peut voir en *b*, une masse brune où le microscope ne laisse rien découvrir de conservé, tandis qu'à côté, en

a, on voit nettement des cellules rectangulaires à angles arrondis de couleur rouge brun, limitées par une portion de la membrane commune restée plus transparente; beaucoup de ces cellules sont libres, quelques-unes sont restées soudées en forme de tissu, ce tissu paraît avoir fait partie d'une membrane épidermique; les dimensions des cellules sont $115\ \mu$ de longueur et $92\ \mu$ de largeur.

Sur la FIG. 4, Gros. $\frac{155}{1}$ on distingue un lambeau d'épiderme formé de cellules encore en place sensiblement rectangulaires, ne mesurant que $41\ \mu$ de longueur et $23\ \mu$ de largeur, comme les précédentes elles sont de couleur rouge brun et encore entourées de leur membrane commune dans les points où elles sont en contact.

Quelquefois les restes végétaux proviennent d'autres tissus. Sur la FIG. 5, Gros. $\frac{120}{1}$ on voit en a, des fibres ligneuses diversement contournées, profondément altérées, de couleur rouge brun. On pourrait multiplier les exemples dans lesquels les parties des plantes les plus résistantes à la décomposition ont persisté, mais dans un état de décomposition avancé; nous croyons toutefois que ceux que nous avons énumérés sont suffisants pour montrer que la distillation de ces schistes doit produire toute une série de composés volatils ou condensables provenant de leur destruction par la chaleur.

Des lignes qui précèdent on peut conclure que les Éponges siliceuses si communes dans le Bassin de Manosque, à l'époque de la formation des schistes du Bois d'Asson, étaient moins abondantes ou manquaient dans le lac de Menat, mais dans les deux localités vivaient un nombre considérable de Diatomées. Les

carapaces de ces Algues gagnaient le fond en même temps que les matières minérales tenues en suspension dans les eaux, comme cela se passe actuellement de nos jours dans certains lacs de Suisse.

La Flore du Bois d'Asson, riche en Palmiers divers en *Séquoia*, *Glyptostrobus*, *Diospyros*, etc., en Aulnes, Bouleaux, Peupliers, en Fougères telles que *Osmunda lignitum*, *Lastraea styrica*, etc.

Celle de Menat où se trouvent des feuilles de *Planera*, de *Liquidambar*, de *Cinnamomum*, de *Glyptostrobus*, indique un climat chaud parfois humide, à peu près exempt d'hivers (d'après de Saporta) ; les fragments de plantes entraînés par le vent et les ruisseaux se déposaient avec les matières minérales et les Diatomées en couches parallèles, et en même temps les mycéliums et les conidies des Champignons qui vivaient sur ces divers fragments, grâce à un climat des plus favorables (1).

La présence des microcoques est incontestable dans les fragments de plantes qui ont conservé des traces d'organisation, aussi bien dans les houilles, comme nous le verrons, que dans les lignites et les schistes lignitifères ; ils s'y trouvent en abondance et ont souvent mieux résisté que les fragments sur lesquels on les rencontre ; il est naturel de leur attribuer un rôle important dans la transformation sur place et à l'abri de l'air, des matières végétales et animales soit en tourbe soit en lignite.

(1) On peut considérer les schistes bitumineux de Menat et du Bois d'Asson comme représentant la vase solidifiée d'étangs plus ou moins étendus dans laquelle sont emprisonnés des débris végétaux et animaux tombés au fond, en même temps que les argiles et les sables fins et le mucilage (matière fondamentale) provenant de la macération des êtres organisés.

SCHISTES BITUMINEUX D'ANINA (Hongrie) (1)

Les schistes d'Anina que nous avons examinés appartiennent au Lias supérieur ; ils sont remarquables surtout par la présence d'Algues qui se rapprochent, si elles ne font partie d'un genre beaucoup plus ancien, du genre Pila.

MUCEDITES ANINCOENSIS

FIG. 6, Pl. XVIII. Gros. $\frac{280}{1}$.

Mucédinée disposée en chainettes de longueur variable, composée de cellules sphériques mesurant $5,8 \mu$ de diamètre, enveloppe épaisse, contenu incolore. Quelquefois le protoplasma s'est réuni en une masse arrondie mesurant 3μ environ plus ou moins foncée, simulant une spore (FIG. 7 a).

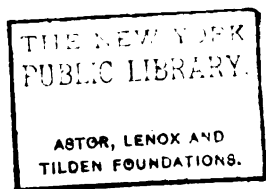
Cette Mucédinée se rencontre le plus souvent désarticulée, et les articles sont disséminés dans toute la masse du schiste ou quelquefois forment des amas assez importants.

Les schistes d'Anina, comme ceux que nous avons étudiés précédemment, renferment une grande quantité de corps rouge brun b (FIG. 6, 7, etc.), amorphes, répandus au milieu de la matière fondamentale, riche également en débris minéraux, et que nous regardons comme des fragments jadis organisés mais actuellement sans structure.

(1) Nous devons à l'obligeance de M. Grand'Eury, Correspondant de l'Institut, les échantillons que nous avons étudiés. Qu'il veuille bien agréer tous nos remerciements.

MOROSPORIUM PRISCUM

FIG. 8. Gros. $\frac{280}{1}$.



Conidie sphérique, de petite taille, ne mesurant que 25μ de diamètre, formée de cellules polyédriques, larges de $7,5 \mu$. Nous n'avons pas rencontré de portions de mycélium adhérent, comme cela s'est présenté pour certaines espèces de *Morosporium* des lignites de l'Hérault.

PILA ? LIASICA

FIG. 9 à 18, PL. XVIII.

Les schistes bitumineux d'Anina contiennent un assez grand nombre de thalles d'Algues qui rappellent par leur forme et leurs dimensions ceux que nous avons compris dans le genre *Pila* et dont il sera question plus loin. Ce sont des corps sphériques mesurant 80μ environ de diamètre quand ils sont isolés et non déformés ; leur état de conservation laisse beaucoup à désirer et aucune de nos préparations ne renferme un thalle intact, leur tissu est toujours plus ou moins désagréé.

Voici les détails que nous avons pu observer. Les thalles sont creux, FIG. 9, mais comme ils sont toujours aplatis les parois supérieure et inférieure étant venues au contact, on ne peut que rarement constater la présence de la cavité. Le thalle figuré montre, à la périphérie, des cellules prismatiques dirigées du centre vers l'extérieur, leurs parois sont peu distinctes à cause de l'écrasement qu'elles ont subi, l'extrémité tournée vers le centre mesure $2,4 \mu$ de largeur, celle tournée au dehors offre 4μ environ, ces dimensions sont bien inférieures à celles du *Pila bibractensis* type, qui atteignent comme nous le verrons 14μ et 20μ dans les mêmes régions.

En s'aplatissant, le thalle figuré s'est déchiré et a pris une forme irrégulièrement elliptique, le grand axe mesure 103 μ et le petit 60.

Il est fort probable que le travail bactérien a contribué pour beaucoup à la désorganisation de ces thalles, car tous renferment de nombreuses Bactériacées. Les Fig. 10 et 11 représentent les photographies de deux thalles grossis 350 fois dans lesquels les cellules complètement détruites ont été transformées en une sorte de pulpe, on y distingue de nombreux Microcoques disséminés, noyés dans la masse pour ainsi dire, ou bien encore rassemblés par groupes à la périphérie.

Si l'on fait une section perpendiculaire à la stratification, les thalles ne se présentent plus comme des disques mais comme des sections elliptiques *a*, *a*, *b*, Fig. 12, dont les grands diamètres sont respectivement 149 μ , 103 μ et les petits 46 μ , 27 μ , les thalles ne sont plus sphériques mais ont pris une forme lenticulaire.

Sur les sections on remarque les parois des cellules prismatiques allongées se dirigeant vers la surface, la cavité centrale a disparu par le rapprochement des portions supérieure et inférieure du thalle.

Il n'est pas rare de rencontrer à l'intérieur des tissus décomposés, des corps arrondis noirs, Fig. 13, tantôt ils sont parfaitement sphériques *a*, tantôt ils paraissent présenter quelques facettes *b*. Ces corps sont répartis dans toutes les régions du thalle comme le montre la Fig. 14, on voit en *a*, un de ces globules présentant une section hexagonale, il y a donc lieu de croire que ce sont des cristaux de pyrite ferrugineuse.

Parfois ces cristaux ont rempli la cavité de l'Algue, Fig. 15, quelques-uns se sont disposés en chapelets rayonnants *b*, dans cette préparation ils sont tous sphériques. Il peut arriver que la cristallisation qui s'est faite dans les cellules prenne l'aspect de grains

contenus dans une membrane, FIG. 16, *b*, FIG. 17, *c*, simulant ainsi des spores contenues dans un milieu en voie de se dissocier, la dissociation se complétant, les corps sphériques pyriteux deviennent libres et se présentent comme le montre la FIG. 18.

L'Algue que nous venons de décrire diffère sensiblement des *Pila* permien d'Autun. Le diamètre du thalle non aplati est comme nous l'avons dit 80 μ , le *P. bibractensis* dans les mêmes conditions atteint 170 μ environ.

Les cellules prismatiques qui forment le thalle mesurent seulement 4 μ de diamètre, tandis que celles du thalle permien atteignent près de 18 à 20 μ .

Nos échantillons étaient trop mal conservés pour que nous ayons pu en pousser l'étude plus loin, c'est la raison pour laquelle nous avons accompagné le nom générique d'un point de doute.

Les schistes d'Anina renferment encore des hyphes et quelques conidies de Champignons, quelques macrospores mesurant 54 μ environ, des fragments de bois de Conifères, etc., et comme les schistes bitumineux de Menat, du Bois-d'Asson, de nombreux corps rouge brun de forme irrégulière, sans structure provenant de l'altération de fragments de plantes ; nous n'y avons rencontré ni Diatomées, ni Infusoires.

Mais comme pour ces derniers schistes, la quantité de matières organiques, avec ou sans structure, qu'ils contiennent serait suffisante pour expliquer la formation des produits bitumineux que l'on obtient en les distillant.

Nous verrons que les schistes plus anciens, permien ou houillers qui servent à la distillation des huiles de schistes ou autres, contiennent également, soit sous forme de matière fondamentale englobant les parcelles de matières minérales, soit sous forme d'organes végé-

taux déterminables, des quantités considérables de débris organiques qui, soumis à l'action de la chaleur, peuvent donner naissance aux produits condensables et non condensables que l'on recueille ou que l'on constate.

BOGHEADS

D'après les travaux récents faits sur les combustibles qui portent le nom de Boghead, on peut les considérer comme résultant de l'accumulation au fond de lacs généralement peu étendus, d'une quantité prodigieuse d'Algues microscopiques vraisemblablement gélatineuses dont la composition s'est modifiée sous l'influence de causes diverses, entre autres du travail bactérien.

Nous allons choisir quelques exemples parmi les bogheads les plus connus pour rappeler ou étudier la constitution des microorganismes qu'ils renferment.

BOGHEAD D'AUTUN (1)

Le boghead d'Autun est un combustible solide, homogène, élastique sous le marteau comme un bloc de bois, se cassant difficilement dans le sens perpendiculaire à la stratification ; la cassure est conchoïde brillante, tantôt présentant des traces de stratification évidentes comme à Margenne, tantôt moins apparentes à cause d'une plus grande pureté comme aux Thélots. L'aspect est résinoïde ; à la loupe on reconnaît avec la plus grande facilité des sections lenticulaires brillantes, séparées par de minces

(1) Les échantillons de bogheads que nous avons étudiés nous ont été donnés très obligeamment par M. Bayle, directeur de la Compagnie Lyonnaise ; nous lui adressons nos remerciements.

filets plus ternes ; ces sections brillantes correspondent à celles de thalles d'Algues houillifiées, les filets ternes à de la matière non organisée déposée en même temps que les Algues et que nous avons désignée sous le nom de *substratum* ou de *matière fondamentale*. Fréquemment on distingue des bandes assez étendues et d'une épaisseur variable parfaitement brillantes, provenant d'organes de végétaux plus volumineux, ou d'accumulation d'Algues.

L'étude microscopique de ces bandes a montré en effet qu'elles étaient formées tantôt par l'agglomération de thalles non séparés par des dépôts de matières étrangères, tantôt, mais plus rarement, par des fragments de végétaux supérieurs, bois, écorces, feuilles, etc. Au lieu de bandes brillantes, la cassure présente quelquefois des lignes plus ternes produites par un dépôt argileux séparant les lits d'Algues.

La Fig. 1, Pl. XIX, représente sous un grossissement de 16,5 une coupe faite perpendiculairement au plan de stratification du boghead ; on voit que les Algues sont disposées par couches d'inégale épaisseur, séparées par des bandes obscures de matière fondamentale ; quelquefois des thalles isolés ou formant des petits groupes, sont disséminés au milieu de celle-ci. Sur la Fig. 4 plus fortement grossie $\frac{112}{1}$, on voit trois rangées de thalles

très peu déformés qu'aucune matière étrangère ne sépare, le boghead s'y trouve par conséquent dans un grand état de pureté.

Sur des coupes faites parallèlement à la stratification, Fig. 3, les Algues ont la forme de disques circulaires plus ou moins serrés les uns contre les autres, en a, ils constituent une plage exempte de matière fondamentale qui se retrouve un peu plus loin en b.

Il est évident que la section s'effectuant sur un très

grand nombre d'individus doit passer par toutes les parties d'un thalle. Si elle intéresse un grand cercle, on aperçoit une cavité centrale (voir le groupe a de la Fig. 2), ce qui indique que les thalles étaient creux; si au contraire la section intéresse des petits cercles, on obtient des surfaces circulaires de diamètre variable sur lesquelles on peut, fort souvent, distinguer des figures polyédriques provenant de la section des cellules du thalle.

La séparation du boghead en fragments suivant le sens de la stratification est assez facile à cause des corps étrangers intercalés, tels que portions de végétaux, épiderme, écorce, écailles, nageoires de poissons, feuillets argileux qui, par place, séparent les lits des Algues. Si la cassure passe par un lit de *Pila* elle est assez brillante; elle est terne au contraire, et c'est le cas le plus fréquent, si elle passe par une des minces couches d'argile et la matière fondamentale.

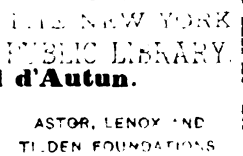
Le boghead est très difficile à pulvériser, il donne une poudre brun jaunâtre qui, traitée à froid par le sulfure de carbone, abandonne quelques traces de carbures d'hydrogène. Chauffé vers 400° en vase clos il se ramollit et reste quelque temps élastique, il est décomposé à une température plus élevée, et donne de nombreux carbures d'hydrogène qui certainement ne préexistaient pas, et se sont formés à ses dépens sous l'influence de la chaleur.

Le chlorure de zinc fondu le dissout, mais en le décomposant partiellement; en étendant d'eau la dissolution on obtient des flocons noirs amorphes.

Exposé à l'air, le boghead se fendille à la longue et semble subir une combustion lente; la matière devient ocreuse sur une certaine épaisseur.

Algues qui forment le Boghead d'Autun.**PILA BIBRACTENSIS**

PL. XIX, FIG. 1 à 17.



Les Pilas (1) qui constituent le boghead d'Autun sont des Algues sphériques, creuses, microscopiques, car à l'état adulte elles ne mesurent environ que $170\ \mu$ de diamètre, vraisemblablement entourées de gélose.

Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, si le thalle a conservé sa forme sphérique, une section passant par un grand cercle d'un thalle moyen montre une cavité mesurant $85\ \mu$ de diamètre; tout autour, une couronne de cellules prismatiques longues de $42,5$ environ et larges de 15 à $18\ \mu$, suivant que la section est prise près de l'extrémité interne ou à l'opposé.

Les *Pila bibractensis* avaient donc un thalle sphérique, creux, composé d'une seule rangée de cellules prismatiques; cette structure, grâce à un peu de gaz produit dans la cavité, devait leur permettre de flotter à la surface des eaux et d'y séjourner, à la manière de beaucoup d'Algues que l'on voit encore de nos jours occuper cette position.

Mais au bout de quelque temps les thalles se détachaient isolément, ou par petits groupes, ou bien encore par plaques assez importantes et gagnaient le fond. L'arrivée successive de ces Algues et des corps étrangers entraînés formaient une couche de plus en plus épaisse dont le poids a modifié la forme des thalles, qui se sont aplatis en prenant une forme lenticulaire; sur la FIG. 1 on voit beaucoup de ces Algues dont la section au lieu

(1) Le nom de *Pila bibractensis* rappelle sa forme et le lieu où elle a été découverte pour la première fois.

d'être circulaire est devenue elliptique, souvent la cavité centrale n'est plus visible et le thalle paraît massif.

Les dimensions ont changé sensiblement : pour les thalles elliptiques adultes le grand axe peut varier de $189\ \mu$ à $225\ \mu$ et le petit axe de $115\ \mu$ à $95\ \mu$.

Quelquefois cette forme lenticulaire a été modifiée et la lentille s'est étirée dans une direction et affecte alors la forme d'un ellipsoïde à trois axes inégaux ; les contractions et les étirements qu'on remarque dans la masse du Boghead en différents sens, expliquent suffisamment ces changements d'aspects extérieurs.

Un thalle adulte peut contenir 600 à 700 cellules. On peut évaluer à 1.700 ou 1.800 le nombre de lits de thalles superposés qui forment la grande couche de boghead des Thélots, laquelle mesure une épaisseur à peu près constante de vingt-cinq centimètres.

Dans les endroits où les Pilas sont abondants, ils forment les 755 millièmes de la masse et on peut évaluer à 250.000 le nombre des thalles qui sont contenus dans un centimètre cube.

En l'absence des organes reproducteurs, comme nous l'avons déjà dit, et de la connaissance de la nature du protoplasma des cellules, on ne peut se prononcer sur les affinités des Pilas ; on peut cependant les comparer à certaines *Protococcacées* qui contribuent encore actuellement à la formation du phénomène connu sous le nom de *Fleurs d'eau*. A certains jours d'été, les mares ou les étangs à très faible courant se couvrent, en quelques heures, d'une abondante végétation d'Algues que le moindre vent submerge ; les thalles gagnent lentement le fond et, le phénomène se répétant plusieurs jours de suite, on conçoit qu'il pourrait s'y accumuler une certaine quantité de ces Algues.

A l'époque de la Houille il est possible que l'apparition un peu capricieuse de nos jours, de ces fleurs d'eau, fût

plus fréquente, favorisée par une température uniforme, chaude et humide.

Parmi les Protococcacées, la sous-famille des Soras-trées contient le genre *Cœlastrum* qui offre un thalle globuleux, creux à l'intérieur, formé d'un nombre variable de cellules disposées sur un seul rang; mais l'intérieur peut communiquer avec l'extérieur par de nombreuses lacunes existant entre les cellules.

Le thalle sphérique des Pilas est continu et sans lacunes; nos Algues fossiles ne peuvent donc pas rentrer dans le genre *Cœlastrum*, pas plus que dans aucun des genres de la famille des Protococcacées, elles y formeraient un genre distinct, en attendant que la découverte de leurs fructifications permette de préciser davantage la place qu'elles doivent occuper.

Les Pilas peuvent être considérés comme des Algues caractérisées par leur thalle sphérique, continu, creux, ses cellules à parois épaisses, mais ne dépassant pas en organisation les *Protococcacées* actuelles.

Nous reviendrons plus loin sur les causes de la désorganisation des thalles de Pilas. On rencontre dans le boghead d'Autun de nombreux grains de pollen disséminés soit entre les Algues soit dans la matière fondamentale; ces grains de pollen appartiennent pour la plupart aux Cordaïtées, qui vivaient encore en grand nombre à cette époque et qui sous l'action du vent donnaient naissance à de véritables pluies de pollen, analogues aux pluies dites de soufre, fournies par certaines forêts de Conifères vivantes. Malgré leur nombre 25.000 à 60.000 par centimètre cube de boghead et leur taille qui peut atteindre 125 μ en longueur, ils sont assez difficiles à voir parce qu'ils se présentent sous la forme de minces pellicules résultant de l'aplatissement qu'ils ont subi; leur présence dans les schistes et dans les dépôts siliceux qui les accompagnent souvent, a

permis de les reconnaître avec une grande certitude et de suivre les transformations qu'ils ont subies dans le boghead, entre autres leur contenu a entièrement disparu ; l'intine qui enveloppait plusieurs cellules est à peine visible, il ne reste du grain que les membranes cutinisées ayant pu résister à la fermentation.

On y rencontre également mais plus rarement des sortes de rubans irréguliers, noirs, contournés, de grosseur variable, à cassure brillante résinoïde, l'examen a montré dans bien des cas que ce sont des fragments d'écorce ou de bois ; ce dernier se présente quelquefois déchiqueté, en lambeaux ; les ornements des trachéides ligneuses peuvent disparaître et il n'est pas rare de voir les thalles en contact, comme pénétrés par la matière d'aspect bitumineux résultant de la houillification très avancée des fibres ligneuses. Il ne serait pas impossible que des fragments analogues eussent produit par leur désorganisation plus complète, la Thélotite, dont notre premier travail sur les Pilas en collaboration avec M. C.-E. Bertrand a fait mention. On rencontre encore de nombreux Coprolithes présentant sur leur cassure une surface plus brillante que le boghead, plus noirs, ils sont minéralisés soit par du carbonate, soit par du phosphate de chaux, ils contiennent des fragments d'os, d'écailles, des dépôts de pyrite.

Certains coprolithes laissent voir des thalles de Pilas qui ont échappé à la digestion, c'est en recherchant les Pilas dans les coprolithes que pour la première fois nous avons rencontré des Bactériacées fossiles.

L'analyse d'un de ces coprolithes a donné 25,9 % d'acide phosphorique, correspondant à 56,54 de phosphate de chaux.

Il n'est pas douteux qu'une partie de cette substance n'ait diffusé lentement dans la masse du boghead sous l'influence de l'eau et de l'acide carbonique et fourni, en

même temps que les fragments d'os qu'on y rencontre, la petite quantité de phosphate de chaux accusé par l'analyse.

Parmi les produits que l'on rencontre dans les fissures du boghead soit à Margenne, soit aux Thélots, soit même quelquefois dans les schistes environnants, remplissant des géodes siliceuses ou la cavité médullaire de quelques bois de Cordaïte silicifié, se trouve une sorte de bitume noir se ramollissant à la chaleur de la main, soluble dans la plupart des dissolvants, entre autres dans les carbures volatils du pétrole. Ce bitume présente la composition suivante :

C	85,02	.
H	10,39	
O et Az	4,59	

On ne peut faire que des hypothèses sur la provenance de ce produit qui se trouve disséminé irrégulièrement dans les fractures du boghead, les concrétions siliceuses, les schistes qui l'accompagnent, mais ce que l'on peut constater c'est que ce bitume possède les propriétés ordinaires des bitumes.

Une particularité à noter, c'est que la matière réduite en poudre s'oxyde lentement; sa formule brute en négligeant l'oxygène qui pourrait s'être surajouté deviendrait sensiblement $C^3 H^4$.

Nous avons dit souvent que les thalles ou les lits qu'ils forment, étaient séparés par une matière brune; on peut la considérer comme le résultat de la transformation d'une portion de la gélose entourant les thalles et des Pilas eux-mêmes. Les Pilas, de plus, ont entraîné dans leur chute, comme une sorte de filtre mobile, les poussières en suspension dans l'eau, et apportées par les vents en même temps que les grains de pollen, il faut y ajouter le limon et les

grains de sable très fins amenés dans le lac par les rivières ainsi que les cristaux qui ont pris naissance par la concentration des eaux soumises à l'évaporation. Cet ensemble constitue ce que nous avons appelé la matière fondamentale, c'est dans l'intérieur des minces lamelles qu'elle forme que l'on rencontre : de petits fragments d'écailles de poisson, des débris de feuilles ou de bois à divers degrés d'altération, des vaisseaux, fibres, cellules parenchymateuses ; la coloration de ces divers objets varie de la couleur rouge brun, brun acajou, au noir, suivant l'état de décomposition où ils se trouvent.

Ce *substratum* des Algues du boghead ne ressemble en rien à une infiltration de produits bitumineux qui aurait pénétré (après coup) la masse des thalles et les aurait soudés ; la cassure de cette partie de la roche est terne, et correspond bien à l'aspect que prendrait le dépôt de substances minérales, très fines, mélangées à une sorte de poussière végétale provenant de la portion non désagrégée des fragments végétaux se déposant en même temps que les thalles ; ceux-ci dont la surface était encore recouverte d'une mince couche de gélose ont fourni concurremment avec les parties des plantes désagrégées par la fermentation microbienne, la substance d'abord fluide qui en se déshydratant a soudé le tout.

Cette substance, insoluble dans les dissolvants ordinaires des résines, ne peut être considérée comme une résine ou une sorte de bitume dont elle n'a aucune des propriétés, mais plutôt comme un produit particulier résultant de la décomposition de la cellulose et de ses polymères effectuée dans des conditions spéciales ; cette matière jaune clair, insoluble dans les alcools, les éthers, le sulfure de carbone, carbures d'hydrogène etc., a joui cependant d'une certaine fluidité, car c'est

elle qui a imbibé les thalles dont on distingue encore les cellules, et ceux dont la désorganisation est à peu près complète.

Nous l'avons rencontrée remplissant les fissures de certaines concrétions siliceuses contenues dans le boghead (1). Pendant le retrait de celui-ci les concrétions non complètement durcies se sont fendues suivant un plan vertical, les deux moitiés restant adhérentes aux parois de la fracture du boghead, la cavité produite dans la concrétion a très souvent continué de recevoir des eaux siliceuses et constitué une géode tapissée de cristaux, mais si la concrétion était déjà recouverte par d'autres assises de boghead, la fente assez mince n'a pu recevoir que les substances fluides environnantes.

Nous avons rencontré dans ces fissures des lamelles de substance fondamentale. Ces lamelles sont transparentes, faiblement colorées en jaune brun, souples, un peu élastiques, insolubles dans les réactifs cités plus haut, brûlant facilement en répandant l'odeur produite par la combustion du boghead. Cette matière fondamentale s'était sans doute introduite dans la fissure sous l'influence de l'aspiration déterminée par l'écartement des deux parois de la fente de la concrétion. Il est regrettable que nous n'ayons pu recueillir

(1) Ces concrétions résultent du remplissage par des eaux siliceuses de nombreuses fissures produites pendant la formation et la déshydratation du boghead ; les concrétions renferment des Algues qui ont gardé leur volume primitif, leur tissu est assez bien conservé (FIG. 5, PL. XIX) pour que l'on voie, dans l'intérieur des cellules, des masses protoplasmiques contractées, renfermant un corps plus coloré qui peut être considéré comme un noyau.

La matière fondamentale en suspension dans la silice est sans structure et se montre formée de corps d'aspect floconneux plus ou moins colorés.

suffisamment de substance pour l'analyser ; sa composition doit différer un peu de celles que nous donnons plus loin qui ont porté sur l'ensemble du boghead, c'est-à-dire : sur cette substance particulière, les divers débris, et les Algues qu'elle tient en suspension.

Nous pouvons la désigner sous le nom de Phytozymôse (φυτον plante et ζύμωσις fermentation) pour indiquer que nous la considérons comme le résultat de la fermentation de plantes sous une influence microbienne spéciale.

BOGHEAD D'AUTUN ET BACTÉRIACÉES

PL. XIX.

Si les Algues des bogheads ont été soumises à une fermentation bactérienne, et si ces combustibles sont réellement formés par les résidus desséchés de cette fermentation, on doit s'attendre à rencontrer soit dans la phytozymôse, soit dans la matière fondamentale, soit encore à l'intérieur des thalles plus ou moins décomposés, des traces des organismes qui ont déterminé cette fermentation.

Nos recherches ont montré qu'il en était ainsi. Mais les microorganismes ne se découvrent pas toujours avec facilité, car étant incolores par eux-mêmes et ayant à peu près la même réfringence que le milieu dans lequel ils se trouvent, ils échappent souvent à l'observation, un éclairage très oblique les fait apparaître quelquefois là où la lumière directe ne les avait pas montrés, noyés qu'ils étaient dans l'excès de lumière.

Les thalles fortement décomposés en contiennent plus que ceux dont la structure est distincte, la matière fondamentale en renferme une grande quantité, mais ils ne sont visibles que dans le voisinage des thalles ou des fragments de plantes qui y sont plongés là où cette matière fondamentale devient plus transparente.

La FIG. 6 montre plusieurs Pilas très altérés, les bords sont déchiquetés, on n'y découvre aucune trace d'organisation, la substance du thalle apparaît comme une sorte de pulpe de couleur ambrée, laiteuse, au milieu de laquelle se trouvent disséminés un grand nombre de Microcoques, qui se présentent soit comme de petites sphères brillantes, soit comme des points noirs, suivant la mise au point. Ces Microcoques sont tantôt isolés, tantôt disposés en lignes de deux ou trois individus, ils apparaissent à la surface de la pulpe ou bien enfoncés plus ou moins au-dessous. Gros. $\frac{440}{1}$.

Sur la FIG. 7 les contours des Algues sont encore moins définis ; dans certaines parties de la photographie les thalles semblent comme fondus et mélangés ; dans cette région devenue trop homogène, les Microcoques ne sont plus discernables, en a et en b, là où la fusion ne s'est pas effectuée, les Microcoques apparaissent avec netteté.

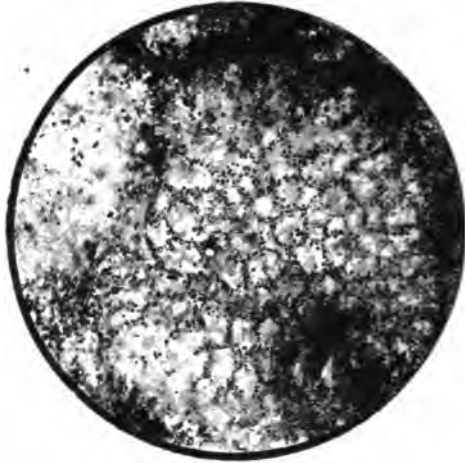
Les Microcoques se voient encore très bien sur une autre coupe représentée FIG. 8 avec un grossissement de 185 diamètres seulement. En b, les Coccis sont disséminés au hasard, mais en a, on voit qu'ils sont disposés sur des lignes polygonales.

Cette disposition est plus apparente sur la coupe représentée FIG. 9, avec un grossissement de $\frac{440}{1}$, et sur les FIG. 10 et 11 faites avec le même grossissement.

Les lignes polygonales occupées actuellement par les Microcoques, représentent les sections des cellules prismatiques dont la longueur comme nous le savons est dirigée suivant les rayons de la sphère formée par le thalle et qui sont ici coupées normalement.

La FIG. 12 du texte représente deux thalles, celui de la partie inférieure, montre le réseau résultant

FIG. 12.

Deux thalles de *Pila bibractensis* envahis par les Microcoques.

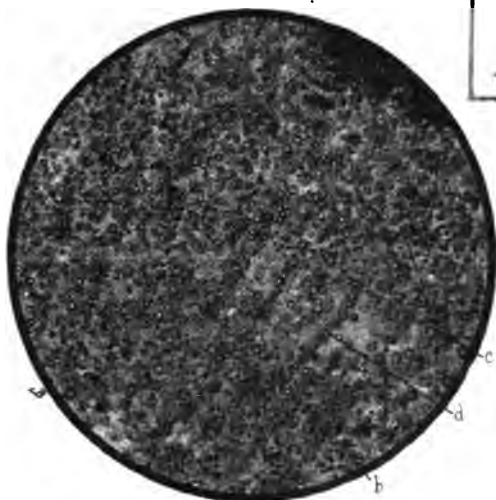
Gros. $\frac{300}{1}$

de la section des cellules prismatiques, quelques Microcoques sont encore sur les parois ; celui du haut à droite fait voir ce réseau occupé complètement par ces microorganismes, ce sont eux qui dessinent le contour des cellules. La FIG. 12, PL. XIX, grossie douze cents fois montre bien que les *Cocci* sont à la place de la membrane commune.

Comme les préparations dont nous avons donné les figures proviennent d'échantillons variés, on ne peut regarder les faits que nous signalons comme exceptionnels.

Des coupes dirigées de façon à couper les thalles parallèlement aux cellules prismatiques confirment les notions fournies par les coupes transversales.

FIG. 13.



Coupe un peu oblique faite à travers les cellules prismatiques.

Gros. $\frac{1200}{1}$

b, première rangée de cellules coupées obliquement; *c*, deuxième rangée; *d*, lignes de Microcoques marquant les parois longitudinales des cellules.

La FIG. 13 du texte est une section passant obliquement à travers plusieurs rangées de cellules (1).

La direction des lignes de Microcoques *d* indique la position des parois longitudinales des cellules qui convergent vers le centre du thalle en un point situé en bas à gauche, mais en dehors de la figure, en *b* et en *c*, le nombre des Coccis augmente sensiblement sur deux lignes concentriques, ce sont ceux qui sont placés sur

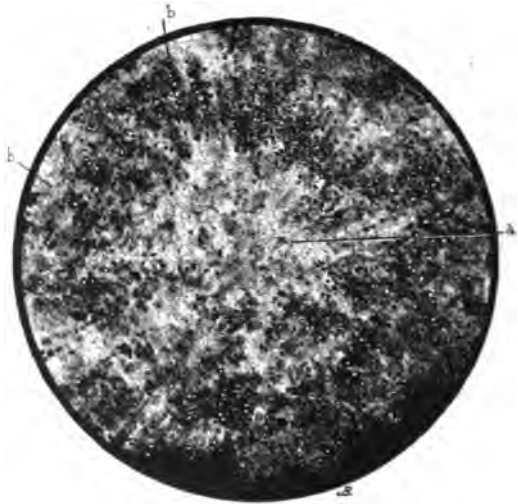
(1) Les Pilas sont formés, comme nous l'avons dit, d'une seule rangée de cellules prismatiques dont l'axe est dirigé suivant les rayons d'une sphère, mais on conçoit qu'une section un peu oblique par rapport à ces rayons, rencontrera en les coupant obliquement plusieurs rangées de cellules.

les sections transversales obliques de deux rangées de cellules prismatiques voisines.

La FIG. 14, PL. XIX, moins chargée de Microcoques, montre plus clairement leur disposition : en *a, a*, se trouvent les sections obliques de deux rangées de cellules voisines, et en *b, b*, les lignes rayonnantes de Microcoques marquant les parois longitudinales des cellules prismatiques.

Si la section du thalle passait juste par son centre, et si les *Cocci* étaient placés sur toute l'étendue des parois des cellules prismatiques, la section devrait montrer des bandes continues de *cocci*, allant du centre à la périphérie, c'est ce que montre la FIG. 13, PL. XIX avec un grossissement de 250 diamètres, et la FIG. 14 du texte plus grossie.

FIG. 14.



Pila bibractensis, coupe passant sensiblement par son milieu.

Gros. $\frac{550}{1}$

a, cavité centrale dépourvue de Microcoques ; *b*, plaques rayonnantes de Microcoques disposés sur les parois supérieure et inférieure des cellules.

Les Microcoques sont disposés par bandes sensiblement continues et rayonnantes. Le centre du thalle ne contient qu'accidentellement quelques-uns de ces microorganismes. Le désordre apparent des *Cocci* peut provenir de ce que la même bande contient ceux qui étaient répartis à la face supérieure et à la face inférieure d'une même cellule, les membranes moyennes ne paraissant pas avoir persisté, la moindre compression a pu facilement amener au contact deux bandes distinctes.

Les Algues qui ont été silicifiées et que l'on rencontre dans les concrétions dont nous avons déjà parlé tout à l'heure, présentent quelquefois une altération moins profonde que d'ordinaire, on ne peut découvrir il est vrai de Microcoques dans l'intérieur des cellules, mais celles-ci qui ont conservé sans doute leurs dimensions primitives montrent assez nettement les parois obliques marquées de bandes d'aspect scalariformes analogues à celles des FIG. 16 et 17, Pl. XIX, et 15 du texte.

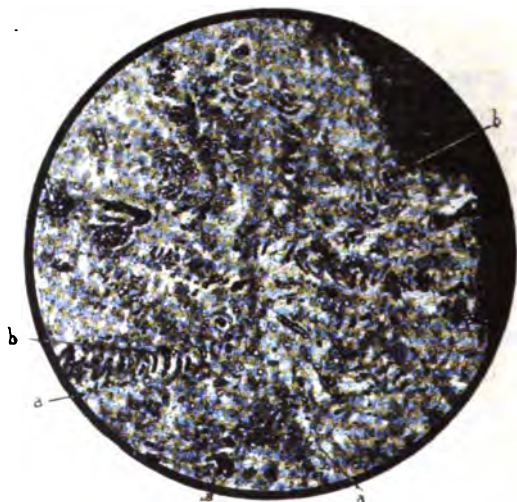
Ces lignes transversales ne sont pas dues à des épaisissements mais à des chapelets de Microcoques ; ceux-ci pénétraient dans l'intérieur du thalle après avoir perforé ou détruit la paroi limitant extérieurement les éléments prismatiques ; ils semblent avoir suivi de préférence les arêtes communes à plusieurs cellules voisines, et par leurs divisions successives ils formaient des lignes rayonnantes continues allant de la périphérie au centre du thalle, comme le montre la FIG. 13 du texte.

Pendant que la progression centripète des Microcoques s'effectuait, une autre, dirigée suivant des arcs de circonférences concentriques, se produisait également.

Certains Microcoques se multipliaient dans une

direction perpendiculaire aux arêtes des cellules en se maintenant sur la paroi, et produisaient des lignes transversales arquées que l'on voit sur les FIG. 16 et 17, PL. XIX, en *a* et en *b* sur la FIG. 15 du texte; en *b*, ces lignes arquées vues sous un grossissement de 1.000 à 1.200 diamètres se résolvent en microcoques mesurant 0,4 à 5 μ .

FIG. 15.



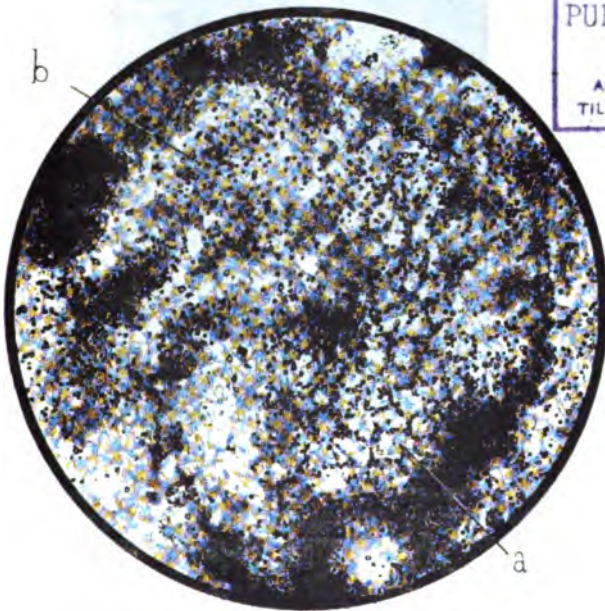
Pila bibractensis montrant les chainettes de Microcoques réunissant les arêtes des cellules. Gros. $\frac{1000}{1}$

Les parois horizontales des cellules prismatiques tournées vers la cavité centrale étaient aussi envahies par les *Cocci* comme on le peut voir sur la FIG. 15, PL. XIX, ils y sont disposés soit par groupes soit en chainettes de trois ou quatre individus.

Le mode de propagation que nous venons de décrire devait amener rapidement l'envahissement complet de chacune des faces des cellules; peu à peu les épaisissements des parois disparaissaient, les *Cocci* répartis sur

les deux faces de la même paroi se rencontraient sur la membrane commune qui finissait par disparaître à son tour, les Microcoques ayant achevé leur travail, privés de la possibilité de se mouvoir, sont restés à leur dernière étape, marquant par leur position dans un milieu complètement désorganisé la place occupée

FIG. 16.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY.

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

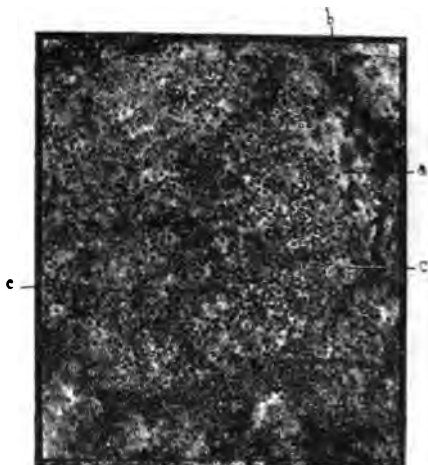
Pila bibractensis vu sous un grossissement de $\frac{500}{1}$

a, région où les Microcoques sont encore en place ; *b*, autre région où la matière pulpeuse a différé, les *Cocci* sont disséminés sans ordre au milieu de cette pulpe.

autrefois par les parois des cellules. Il est clair que la moindre pression exercée sur ces thalles décomposés de consistance gélatineuse, devait amener facilement le désordre dans les rangs des *Cocci* ; ce désordre pouvait être partiel comme le montrent les Fig. 9 et 10, PL. XIX et Fig. 16 du texte, ou complet, Fig. 17.

Les Microcoques y sont encore très distincts à cause de l'état pulpeux de la masse, si celle-ci devient homogène, comme nous l'avons déjà fait remarquer sa réfringence se rapprochant trop, vraisemblablement, de celle des Cocci ; ces microorganismes ne sont plus visibles.

FIG. 17.



Pila bibractensis très altéré.

a, Microcoques isolés ou en chaînettes; b, matière fondamentale foncée séparant les algues; c, Microcoques disséminés à peu près régulièrement dans la masse C. Quelques-uns sont sous la forme de Diplocoques ou en voie de division.

Nous avons donné le nom de *Micrococcus petrolei* (1) aux différents Microcoques des bogheads, les distinguant d'après l'âge des terrains par les lettres A, B, C... Nous ne prétendons pas que ce sont autant d'espèces différentes, étant dans l'impossibilité de le prouver.

La diagnose de l'espèce serait : cellules sphériques

(1) Le nom spécifique de *petrolei* doit rappeler uniquement que les Microcoques en question se trouvent en abondance dans les combustibles produisant, seulement quand on les distille, des huiles analogues aux pétroles.

à membrane extrêmement mince visible sous un grossissement de 1.000 à 1.200 diamètres, incolores ou faiblement colorées quand elles n'ont pas fixé quelques matières étrangères (1), apparaissant souvent comme de petites sphères brillantes un peu plus réfringentes que le milieu environnant, ou bien par une mise au point différente, comme des sphérules noires. Leur diamètre peut varier de $0,4\ \mu$ à $0,8\ \mu$, soit que cette variation soit due à des différences de tailles d'individus pris à des âges divers, soit que l'on soit en présence de plusieurs variétés, les plus petites s'attaquant aux membranes moyennes, les plus grosses à leurs épais-sissements.

Nous n'avons pas rencontré de forme bacillaire à l'intérieur des thalles que nous avons examinés, nous ne pouvons pas affirmer que la matière fondamentale n'en renferme pas, car son peu de transparence en rend l'observation assez difficile. Pour le moment, il n'y a pas de raisons pour croire que les grosses formes coccoïdes $0,8\ \mu$ appartiennent à des spores de Bacilles et non à des Microcoques.

Nous rappellerons les analyses du boghead d'Autun que nous avons déjà données, afin de les comparer à celles des lignites et des tourbes.

(1) La matière du milieu où se trouvent les Cocci peut les avoir pénétrés et colorés, les Cocci de la Houille réunis en grand nombre sont bruns, ils sont cependant beaucoup moins foncés que la Houille ; ceux des bogheads sont jaune clair et souvent de même teinte que le boghead lui-même, dès lors fort difficiles à voir.

BOGHEAD D'AUTUN

Matière organique..	{	Carbone.....	80		
		Hydrogène	10		
		Oxygène	10		
Cendres { Margenne	{	Silice	67,7	Thélots {	.. 60,5
		Sesquioxyde de fer	10,8		.. 11,4
		Chaux.....	15,7		.. 17,4

Un échantillon homogène non choisi provenant des Thélots a donné 35,55 de cendres renfermant des acides silicique, phosphorique et sulfurique, de l'alumine, des oxydes de fer, de manganèse, de magnésie et de chaux.

Au point de vue de sa composition immédiate, la partie minérale de ce boghead peut être envisagée comme formée ainsi qu'il suit :

Calcaire renfermant un peu de magnésie.	10,50
Phosphate de calcium.....	1,50
Pyrite.....	1 »
Argile et sable.....	23,50
	36,50

En remarquant que cette argile contient, telle qu'elle existe dans le boghead une certaine quantité d'eau que l'on peut admettre égale à 12/0, on trouve qu'il faut ajouter au poids des cendres 2,82 pour avoir le taux de la partie minérale, et par différence celui des matières organiques, c'est-à-dire

Humidité	0,55
Matières organiques.....	60,08
Matières minérales.....	39,37
	100 »

L'analyse de la matière organique fournit :

Carbone	87,18
Hydrogène	10,92
Oxygène et azote	1,90
	100 »

D'après cela, la composition du boghead des Thélots serait :

Matières minérales.	{	Humidité	0,55
		Carbonate de chaux avec trace de magnésie	10,50
		Phosphate de chaux (A. phosphorique 0,68)	1,50
		Pyrite (Soufre 0,58)	1 »
		Argile et sable	26,30
Matières organiques.	{	Carbone	52,37
		Hydrogène	6,56
		Oxygène et azote	1,15
			99,93

Les rapports $\frac{C}{H} = 7,98$ et $\frac{C}{O \text{ et Az}} = 46,3$ comparés à ceux de la cellulose $\frac{C}{H} = 7,2$ et $\frac{C}{O} = 0,9$ montrent que le rapport du carbone à l'hydrogène est resté à peu près le même, le changement de composition porte surtout sur une perte considérable d'oxygène plus grande encore que ne l'indique l'analyse puisque le chiffre 1,15 comprend également le poids de l'azote. La transformation des composés cellulosiques des Pilas en boghead, aurait été le résultat de leur désoxygénation à peu près complète, désoxygénation qui conduirait à représenter la composition de ce combustible par la formule atomique approchée $C^2 H^2$.

BOGHEADS AUSTRALIENS

Les bogheads australiens que nous avons étudiés appartiennent comme ceux d'Autun au terrain permien; ils paraissent peut-être un peu plus anciens. Ces dépôts sont nombreux, très irréguliers, isolés à une grande distance les uns des autres, au-dessus des couches de houilles exploitables de New South Wales. Leur étendue est assez médiocre, ils ne dépassent guère 60 hectares de superficie tandis que le gisement d'Autun atteint 150 hectares, mais celui-ci est *seul* au milieu des schistes bitumineux.

Les bogheads de la New South Wales proviennent également de l'accumulation, par lits horizontaux, de thalles d'Algues déformés qui ont été désignés sous le nom de *Reinschia australis*.

REINSCHIA AUSTRALIS

PL. XX, FIG. 1 à 6.

Ces Algues étaient globuleuses, mais de dimensions plus considérables que celles des Pilas; les thalles moyens mesuraient en effet 200 μ de diamètre, les grands thalles près du double.

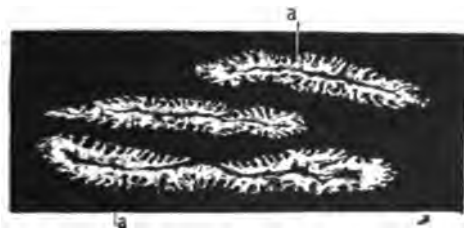
L'Algue était creuse, la cavité relativement considérable était limitée par une enveloppe formée d'un rang de cellules. On conçoit facilement qu'en arrivant sur le fond du lac la moindre pression, surtout si les parois étaient affaiblies par une décomposition plus ou moins avancée, déterminait rapidement un affaissement qui transformait l'Algue globuleuse en une sorte de lentille, comme nous l'avons déjà observé pour les Pilas.

Vus en dessus, ces disques lenticulaires, plus ou

moins réguliers, mesurent de 250 à 300 μ de largeur et 35 μ d'épaisseur.

La FIG. 1, PL. XX, montre plusieurs *Reinschias* rencontrés par la section d'une façon très diverse ; les uns ont été à peine intéressés par elle, les autres ont été atteints plus profondément et d'autres coupés suivant un grand cercle a ; celui-ci qui est un jeune thalle non déformé donne une idée exacte de l'Algue : on voit en bordure périphérique le thalle composé d'un seul rang de cellules, la cavité centrale, et au fond le réseau produit par les cellules de la partie inférieure du thalle. Lorsque les Algues ont atteint des dimensions plus fortes, elles se sont aplaties comme le montrent la FIG. 18 du texte et la FIG. 3, PL. XX. Dans cette dernière figure les Algues sont toutes aplaties, la cavité centrale a disparu, et on voit en b, un thalle présentant un aspect particulier, jaune clair homogène et non laiteux et pulpeux comme ses voisins. Les thalles de cette nature ont sans doute subi une décomposition spéciale, sur laquelle nous reviendrons.

FIG. 18.



Reinschia australis.

Thalles coupés perpendiculairement à leur stratification.

Les cellules qui composent le thalle sont polyédriques, celles qui forment les faces supérieure et inférieure mesurent de 20 à 30 μ de hauteur, 15 μ de largeur et 10 à 12 μ en épaisseur. Les cellules horizontales placées

sur les bords des disques aplatis atteignent 30 à 35 μ de longueur, 15 μ de largeur et 5 à 7 μ d'épaisseur.

Les parois internes des cellules sont tapissées par une couche assez épaisse continue qui limite la cavité plus ou moins déformée.

Le protoplasma contracté des cellules est fortement coloré, allongé, piriforme, sa partie effilée est tournée du côté de la surface, la grosse, vers l'intérieur.

Sur une coupe transversale les thalles sont plus ou moins circulaires, d'autant plus réguliers qu'ils sont plus petits; leur contour paraît crênelé, cet aspect est dû aux parois latérales qui ont persisté tandis que la paroi extérieure a été détruite.

Le thalle moyen du *Reinschia australis* était donc un corps globuleux sphérique dans son jeune âge, devenu plus large que haut en vieillissant, creux à l'intérieur, sans trace de pédicelle, par conséquent libre.

Le *Reinschia australis* avait en outre des thalles beaucoup plus grands que les thalles moyens; ils pouvaient atteindre sur une coupe verticale 540 μ de longueur et 65 μ d'épaisseur; sur une coupe horizontale 540 μ de longueur et 340 μ de largeur.

Les grands thalles ont un aspect extérieur mamelonné cérébriforme; les cellules du thalle placées sur un seul rang avaient une tendance à se grouper plus serrées autour de certains centres, de là pour les grands thalles cet aspect cérébriforme extérieur et quelquefois des replis, des invaginations intérieures, *b*, FIG. 19 du texte et FIG. 2, 4, PL. XX, qui s'enfoncent dans la cavité et la réduisent à un point tel, qu'elle ne paraît plus exister; nous expliquons plus loin le mécanisme de ces productions.

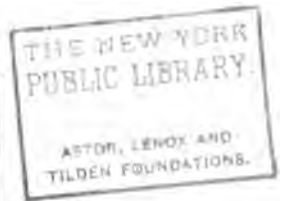
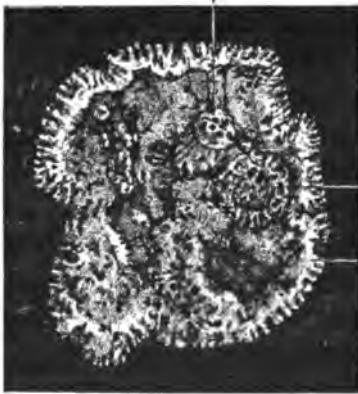
Ces productions intérieures sont souvent arrondies ou sphériques (*b* FIG. 19 du texte et FIG. 4, PL. XX); elles ont la même organisation que le thalle dans lequel elles sont contenues, on peut se demander si lors de la

dislocation de ce dernier, chacune de ces productions n'aurait pas eu la propriété de continuer à végéter et de servir à la continuation de l'espèce.

Dans les grands thalles, les cellules ont les mêmes dimensions que les cellules des thalles moyens ; ils ne diffèrent de ceux-ci que par leur taille, leurs invaginations, et leur cavité qui se trouve considérablement modifiée.

Dans les petits thalles, les cellules sont d'autant plus petites que le thalle est plus petit ; elles sont aussi

FIG. 19.

Grand thalle de *Reinschia*.

a, cellules du thalle ; *b*, invaginations de forme plus ou moins sphérique.

nombreuses que dans les thalles moyens, la cavité y est peu développée, les dimensions observées sont $33\ \mu$ environ.

Dans les petits thalles composés d'environ 200 cellules, les masses protoplasmiques qui les remplissent sont piriformes et mesurent $30\ \mu$ de longueur et $8\ \mu$ de diamètre. Le développement des thalles jeunes en thalles moyens ne porte que sur les grandeurs des cellules et non sur leur multiplication.

Ces caractères rapprochent les *Reinschias* des *Hydrodictyées* et des *Volvocinées*, les unes et les autres présentent des cellules qui se transforment en glandes génératrices produisant un thalle entier, quel que soit d'ailleurs le nombre des cellules de ce thalle, lequel ne diffère des thalles adultes que par la grandeur des cellules et leur configuration. Cependant tout en se rapprochant d'elles, les *Reinschias* ne sont pas des *Hydrodictyées* ou des *Volvocinées*.

Comme les *Pilas*, les *Reinschias* vivaient à la surface des eaux tranquilles et descendaient de cette surface pour gagner le fond en même temps que la gelée et les composés organiques qui se précipitaient avec eux.

Le boghead australien, comme le boghead d'Autun, est donc formé par l'accumulation des thalles d'une Algue gélatineuse d'abord flottante, réunis ensuite par une matière fondamentale.

L'échantillon du Museum qui mesure 1^m,18 de hauteur pourrait être formé par la superposition d'environ 36.000 lits horizontaux d'Algues entremêlés d'une petite quantité de spores, au lieu de grains de pollen.

Ces lits sont séparés par la matière fondamentale (phytozimose) ayant entraîné des débris de membranes végétales fortement altérées, de petits fragments de bois, de feuilles, etc., mais ne présentant pas de traces d'écailles de poissons ni de grains de pollen.

Suivant les régions observées, cette matière fondamentale peut former de 100 à 625 millièmes de la masse totale, la différence étant représentée presque uniquement par des *Reinschias*.

Les *Bactériacées* sont assez difficiles à distinguer dans les thalles de *Reinschia* à cause de la similitude de réfringence et de coloration; cependant on parvient souvent à la mettre en évidence au moyen d'un bon éclairage oblique, grâce auquel les *Cocci* portant ombre

dans la masse sont mis en relief, et ne se perdent pas dans une lumière directe trop intense.

La difficulté est beaucoup moins grande quand l'Algue a été réduite en une sorte de gelée. La Fig. 5, Pl. XX montre, sous un grossissement de $\frac{600}{1}$, un thalle très décomposé et au milieu de la matière pulpeuse des quantités considérables de microcoques *a, b, c*. Sur la Fig. 6 grossie 1.200 fois, on voit facilement en *a*, et en *b*, des groupes nombreux de ces microorganismes.

Nous avons pu constater leur présence à la place des membranes moyennes dans la pulpe produite par les parois, et dans la matière brune contenue dans les cellules et qui provient de l'altération du protoplasma ; leurs dimensions varient entre $0,4 \mu$ et $0,5 \mu$. Dans les thalles écrasés il s'en trouve d'autres qui atteignent $0,7 \mu$.

Nous avons désigné sous le nom de *Micrococcus petrolei* Var. A' ces divers Microcoques, ne pouvant les différencier des Microcoques des Pilas, seulement par l'écart de taille qu'ils présentent.

La présence des Bactériacées dans les *Reinschia australis* est donc aussi certaine que dans les thalles des Pilas.

COMPOSITION CHIMIQUE DU BOGHEAD D'AUSTRALIE

Un échantillon très pur de boghead d'Australie a fourni à l'analyse les données suivantes :

Humidité.....	0,25
Matières organiques.	89,11
Matières minérales..	10,64

La composition élémentaire de la partie combustible est très sensiblement la même que celle du boghead d'Autun.

0,362 de boghead ont donné :

Eau.....	0,318
Gaz carbonique.....	1,017

D'où, en tenant compte de l'eau et de l'argile ($9,5 \times 0,12 = 1,14$) on a :

Matières organiques.	{	Carbone	85,95
		Hydrogène	10,81
		Oxygène et azote....	3,24
			100 »

La composition du boghead d'Australie est donc :

Humidité.....	0,25		
Matières minérales	10,64		
Matières organiques.	{	Carbone	76,61
		Hydrogène	9,63
		Oxygène et azote....	2,87

La formule brute indiquant la composition de la matière organique est encore sensiblement $C^8 H^8$.

Un deuxième échantillon moins pur a donné de son côté :

Humidité.....	0,65		
Matières minérales.....	54,81		
Matières organiques.....	44,54		
Matières organiques.	{	Carbone	37,59
		Hydrogène	4,74
		Oxygène et azote....	2,21

Dans cet échantillon, les matières minérales sont en plus grande quantité que les matières végétales, et cependant celles-ci présentent une composition qui conduit encore à la formule approchée $C^8 H^8$.

Les rapports entre le carbone et l'hydrogène, d'une

part, et le carbone, l'oxygène et l'azote, de l'autre, sont :

$$\frac{C}{H} = 7,95 \frac{C}{O, Az} = 20 \text{ pour le premier échantillon}$$

$$\text{et } \frac{C}{H} = 7,95 \frac{C}{O, Az} = 17 \text{ pour le second.}$$

Les rapports $\frac{C}{O}$ doivent être bien plus grands que ceux qui sont indiqués, car l'oxygène est compté avec l'azote.

Pour la cellulose les rapports sont: $\frac{C}{H} = 7,2 \frac{C}{O} = 0,9$.

On voit donc que le boghead d'Australie et le boghead d'Autun présentent à peu près le même rapport entre le carbone et l'hydrogène que la cellulose. Le changement de composition de part et d'autre a porté sur une perte considérable d'oxygène, par conséquent les phénomènes chimiques ont été exactement les mêmes dans les deux régions.

BOGHEAD D'ERMELS (TRANSVAAL)

Le Boghead d'Ermels est un corps de couleur noire ne présentant pas la ténacité ni le brillant des bogheads d'Autun ou d'Australie ; il se divise facilement en feuillets dont la surface terne est parsemée de petits points brillants représentant soit des thalles d'Algues, soit de petites lamelles de mica, ce minéral est assez abondant dans les bandes argileuses qui séparent les feuillets. Il se pulvérise facilement et donne une poudre noir brun beaucoup plus foncée que celle des bogheads d'Autun et d'Australie ; il brûle avec une flamme fuligineuse mais moins facilement et surtout pendant moins longtemps que ces derniers ; durant sa combustion il ne donne aucune trace de fusion tandis

que les bogheads australiens se ramollissent et se couvrent d'un liquide huileux qui coule entre les fragments.

Sur une cassure transversale on reconnaît facilement à la loupe de très petites lentilles brillantes, très voisines les unes des autres, mais ne formant pas de bandes continues comme cela se voit dans les deux combustibles que nous venons d'étudier, les Algues y sont donc moins nombreuses, et par conséquent le Boghead d'Ermels (1) est notablement moins riche que ceux d'Autun et d'Australie.

Nous avons fait quelques sections dans ce boghead peu connu ; voici le résultat de leur examen :

Sur une coupe parallèle à la stratification, on voit (Fig. 7 et 11, PL. XX) des thalles qui ont été rencontrés à peu près suivant un grand cercle. Les bords du thalle sont circulaires continus ou discontinus suivant leur état de conservation qui généralement laisse fort à désirer. Cependant, d'après les sections qui ont été représentées, on voit que c'est une Algue globuleuse, creuse à l'intérieur, rappelant dans une certaine mesure les Reinschias.

REINSCHIA CAPENSIS

FIG. 7 à 12, PL. XX.

Thalles sphériques ou globuleux, quand ils sont jeunes ou à l'état moyen, mesurant environ 100 μ de diamètre, formés d'une seule rangée de cellules. La cavité centrale atteint 73 μ , l'épaisseur du thalle est de 14 μ . Les cellules qui le composent mesurent une longueur de 13 à 14 μ , elles sont prismatiques, offrent

(1) Si nous nous en rapportons au fragment que nous devons à l'obligeance de M. Lacroix, professeur de minéralogie du Muséum,

en section transversale, une figure polygonale large de $6,6\ \mu$ environ ; la masse protoplasmique modifiée et arrondie, de couleur brune, que l'on remarque dans un certain nombre de cellules mesure $2,6\ \mu$ de diamètre.

Mais le plus souvent les thalles sont aplatis : la Fig. 9, PL. XX montre une section perpendiculaire à la stratification, les faces supérieure et inférieure sont arrivées en contact et la cavité n'est plus représentée que par une ligne qui se bifurque, les deux branches passent de chaque côté d'une invagination du thalle comme nous l'expliquerons plus loin.

La longueur de l'Algue aplatie est de $143\ \mu$, son épaisseur de $26\ \mu$.

La hauteur des cellules verticales du thalle est de $12\ \mu$ et dans les parties horizontales repliés en a, par exemple, de $17\ \mu$.

Cet thalle était plus âgé que celui que nous avons cité plus haut, il contient une invagination ou un repli intérieur du thalle.

Les Algues adultes arrivent à des dimensions bien plus considérables et atteignent facilement un diamètre de $260\ \mu$, mais malgré ces dimensions elles sont bien inférieures comme taille aux *Reinschia australis*, chez lesquels les thalles moyens mesurent 250 à $300\ \mu$ et les grands thalles $540\ \mu$ de longueur et $340\ \mu$ de largeur, sur des coupes horizontales.

En augmentant de volume les thalles deviennent irréguliers, leur surface paraît se creuser de sillons b (Fig. 11) qui deviennent de plus en plus profonds, ces sillons ne proviennent pas d'une déchirure du thalle, comme le montre la Fig. 9, mais d'un repli de ce dernier qui s'enfonce de plus en plus dans la cavité centrale ; ces invaginations se montrent tantôt sous la forme d'un plissement, tantôt, mais plus rarement, ils sont cylindriques comme dans les *Reinschia b* (Fig. 4).

La cavité peut finir par se remplir, et une section transversale du thalle ferait croire que l'on a affaire à une Algue pleine et non à une Algue creuse. Cependant avec le microscope on peut, en partant de la surface, suivre la couche de cellules qui s'enfonce à l'intérieur et qui après avoir décrit quelques sinuosités revient à la surface du thalle rejoindre le point d'où l'on est parti. Comme cette opération peut s'effectuer sur toutes les invaginations qui occupent la cavité, on doit en conclure que primitivement l'Algue était creuse et que ce sont des productions secondaires qui l'ont remplie.

La formation de ces productions secondaires pourrait s'expliquer par le mode d'accroissement d'épaisseur des parois cellulaires. Nous avons dit que les cellules dans les jeunes thalles, étaient prismatiques et que plus tard elles devenaient piriformes, l'extrémité atténuée étant tournée vers l'extérieur, l'extrémité renflée au contraire dirigée vers l'intérieur. L'épaisseur des parois des cellules est plus forte à la base qu'au sommet dirigé vers la périphérie.

Si maintenant nous considérons un thalle sphérique moyen dont les cellules ont plus de tendance à s'élargir et épaissir leurs parois vers la base qu'à leur extrémité phérphérique, pour satisfaire à ce développement inégal des parois il faudra ou que les cellules se séparent par leur extrémité périphérique, ou bien qu'elles s'enfoncent dans la cavité afin de fournir l'espace nécessaire à cet excès de développement. Les sillons produits par l'affaissement de certains groupes de cellules de la surface ne seront qu'en partie comblés par l'accroissement de celles qui y restent, de là, l'aspect mamelonné cérébriforme des gros thalles vus par le dehors, et l'apparence ruminée d'une coupe passant par son centre, et rencontrant les multiples replis des invaginations.

Les Bactériacées sont aussi difficiles à voir que dans les thalles des *Reinschias*. Quand la matière est homogène, les microorganismes présentant à peu près la même réfringence que celle-ci ne peuvent y être distingués sûrement ; si la forme des parois des cellules est encore visible, on peut les apercevoir soit à l'intérieur de ces parois, soit dans le protoplasma de couleur plus foncée qui se rencontre dans beaucoup de cellules ; enfin si le thalle a pris un aspect pulpeux, on les aperçoit facilement en nombre considérable (Fig. 12, PL. XX a).

La matière fondamentale est de couleur très foncée, elle s'éclaircit difficilement dans les préparations, quand elle devient transparente elle est de couleur rouge brun mais cette coloration paraît due à la présence de fragments très petits de végétaux étrangers qui sont altérés tels que cellules épidermiques ou fibres et vaisseaux ligneux, quelquefois cette coloration a pénétré les cellules des thalles ; mais dans beaucoup de points la matière fondamentale reste opaque parce qu'elle tient en suspension une assez grande quantité de matières minérales, celles-ci sont plus abondantes que dans les bogheads d'Autun et d'Australie.

L'Algue que nous venons de décrire offre un assez grand nombre de caractères communs avec les *Reinschias* : forme globuleuse, cavité centrale très développée chez les thalles moyens, invaginations nombreuses dans les grands thalles, aspect extérieur cérébriforme.

Mais elle en diffère par la disposition des invaginations qui sont plutôt en forme de replis qu'en expansions cylindriques ou sphériques, par la taille qui est moitié moindre ; nous avons cru, pour ces motifs et la différence des gisements, devoir en faire une nouvelle espèce du genre *Reinschia* le *R. capensis*.

Jusqu'ici le genre *Reinschia* n'a pas encore été rencontré dans l'hémisphère boréal. Peut-être caractérise-t-il les bogheads de l'hémisphère austral, comme le *Pila* ceux de l'hémisphère boréal.

BOGHEADS D'ÉCOSSE

Les Bogheads d'Ecosse connus sous le nom de bogheads Russel, Torbanite etc., sont aussi formés par l'accumulation d'Algues gélatineuses de petites dimensions. Ceux que nous avons examinés contiennent une quantité considérable de Pilas.

PILA SCOTICA

FIG. 13 à 16, PL. XXI.

Le thalle du *Pila scotica* est globuleux, probablement sphérique quand il n'a pas été déformé, de dimensions variables, ce qui tient à une différence d'âge ; les plus volumineux quand ils sont isolés mesurent environ $107\ \mu$ suivant leur grand diamètre et $86\ \mu$ suivant le petit. Souvent ils paraissent atteindre une taille plus considérable, mais cela est dû à leur mode de reproduction, qui consiste en une division du thalle en plusieurs parties ; comme celles-ci ne se séparent pas de suite et qu'elles restent soudées pendant quelque temps, le thalle semble acquérir des dimensions plus grandes que celles que nous avons indiquées, mais le microscope montre facilement qu'il résulte de la réunion de plusieurs petits thalles encore soudés.

Les Algues de très petites dimensions qui accompagnent celles qui sont adultes indiquent qu'il existait un autre mode de reproduction que celui que nous venons de signaler ; mais de même que pour le *Pila bibractensis*, nous n'avons pu jusqu'ici le mettre en évidence.

Les sections transversales des thalles de petite taille sont sensiblement circulaires; celles des *Pilas* développés sont moins régulières, cela tient sans doute à la compression qui les a moins épargnés.

Sur une coupe longitudinale perpendiculaire à la stratification, les thalles présentent une section elliptique avec grand axe dirigé parallèlement aux bancs de stratification, ce qui dénote un aplatissement surtout sensible chez les plus grands thalles qui ont pris comme les *Pilas bibractensis* la forme de lentille.

Comme les *Pilas*, ces Algues globuleuses étaient creuses, mais la cavité est le plus souvent masquée, parce que les parois supérieure et inférieure ont été amenées au contact; il est donc difficile de la constater sur les thalles adultes plus ou moins aplatis; on l'observe plus facilement sur les jeunes, moins déformés. Ainsi sur un thalle mesurant $56,7\ \mu$ nous trouvons pour l'épaisseur du thalle $20\ \mu$ environ et pour le diamètre de la cavité $16\ \mu$.

Les dimensions des cellules varient avec l'âge, leur largeur est de 4 à $6\ \mu$, leur longueur de 8 à $22\ \mu$; elles sont disposées sur une seule rangée autour de la cavité centrale.

Il n'est pas rare de rencontrer au milieu des Algues des spores écrasées dont les parois ont une coloration plus foncée que celle des *Pilas*, des enveloppes de Macrospores portant à leur surface des ornements variés comme des sortes d'appendices, des fragments d'épiderme, de feuilles ou de cuticules. D'autres fois, la matière fondamentale (phytozimôse) qui est peu abondante paraît formée d'une partie jaune clair autrefois fluide et de menus débris de végétaux extrêmement divisés tenus en suspension, et fortement colorés en brun ou en rouge brun foncé; ce sont eux

qui communiquent une opacité plus ou moins grande à la matière fondamentale.

On rencontre quelquefois des trainées rouge brun, plus ou moins larges et plus ou moins longues, ressemblant à de la résine qui se serait introduite entre les thalles; la FIG. 15, PL. XX montre en b, une de ces plages qui, à cause de sa couleur, est venue à peu près complètement noire sur la photographie; cependant on distingue en a, des thalles de Pilas entourés et noyés dans cette masse amorphe, quelques-uns se sont même laissés pénétrer par elle; mais si on s'écarte un peu à droite de ce groupe d'Algues on voit apparaître des traces d'organisation sous forme d'ornements rayés, c.

Sur la FIG. 16, qui représente une autre partie de la même bande colorée, on distingue plus nettement les vaisseaux et les raies que portent leurs parois. Nous devons conclure que des faisceaux vasculaires entraînés en même temps que les Algues se sont déposés avec elles et ont été amenés à un état de décomposition tel que leur tissu ramolli ayant perdu toute organisation, a pu mouler les thalles, quelquefois les pénétrer; d'autres parties du même faisceau, protégées peut-être contre la pression, ont conservé suffisamment d'organisation pour qu'on puisse reconnaître leur origine.

On doit donc se méfier, croyons-nous, des corps rouge brun sans structure que l'on trouve fréquemment dans les bogheads d'Autun, d'Australie, dans les schistes bitumineux, etc. qui pourraient avoir simplement une origine végétale.

Nous avons eu soin de mentionner les nombreux fragments présentant la même teinte et répandus dans les schistes de Menat, du Bois d'Asson, etc. Le plus souvent nous y avons rencontré des traces d'organisation, nous en avons figuré plus haut quelques exemples.

De même que dans les bogheads précédents, nous y avons rencontré des Bactériacées sous forme coccoïde; leur constatation présente plus de difficultés que pour le boghead d'Autun et de l'Estérel à cause de la petitesse des thalles et surtout de l'exiguïté des cellules qui les composent; cependant nous avons pu, dans nos préparations, reconnaître des vestiges de lamelles moyennes orientées convenablement à l'intérieur des thalles, et dans lesquelles nous avons constaté la présence de corps sphériques mesurant 0,4 à 0,5 μ , disposés comme les *Cocci* des membranes moyennes du *Pila bibractensis* (FIG. 13 a, PL. XX) ou bien dans les régions diffuentes des thalles b. La FIG. 14 montre en a, sous un grossissement de 600 diamètres, un amas considérable de Microcoques.

Les pilas adultes du boghead d'Ecosse mesurent, comme nous l'avons dit, 107 μ environ suivant le grand diamètre horizontal et 86 μ suivant le petit diamètre vertical.

Les Pilas adultes du boghead d'Autun offrent pour le grand axe une moyenne de 200 μ et pour le petit axe 105 μ environ, c'est-à-dire que les dimensions linéaires des thalles du boghead d'Ecosse sont environ moitié de celles des thalles du boghead d'Autun, nous avons cru devoir en faire une espèce nouvelle que nous avons désignée sous le nom de *Pila scotica* qui caractérise les bogheads anciens.

Cette espèce se distingue facilement des *Pila bibractensis* par sa taille dont les dimensions linéaires ne sont que la moitié et par la petitesse des cellules qui forment les thalles. Dans les *P. bibractensis* les cellules ont une longueur de 42,5 μ et une largeur de 15 à 18 μ . Dans les *P. scotica* la longueur ne dépasse guère 22 μ et leur largeur 6 μ .

Composition du Boghead d'Ecosse.

Le Boghead d'Écosse a fourni à l'analyse les chiffres suivants :

Densité = 1,228

Carbone.....	63,93
Hydrogène.....	8,85
Azote	0,96
Oxygène et Soufre.....	4,70

conduisant à la formule approchée $C^8 H^5$. Le rapport $\frac{C}{H} = 7,2$ est le même que celui de la cellulose.

La Torbanite type, de Torbane-Hille composée également de *Pila scotica* renferme :

Humidité	0,50
Matières minérales.....	22,12
	22,62

Matières organiques. {	Carbone	65,44
	Hydrogène	8,50
	Oxygène et azote	3,44
		77,38

Le rapport $\frac{C}{H} = 7,69$ conduisant encore à la formule approchée $C^8 H^5$.

La teneur en hydrogène est un peu plus faible que ne l'indique la formule et se rapproche plus de celle qu'exprime la composition des bogheads permien.

Comme pour ceux-ci, le changement de composition a porté sur une désoxygénation presque complète.

BOGHEAD ARMADALE

Le Boghead Armadale se présente en une masse compacte, élastique sous le choc, difficile à casser, en tous sens, la cassure est conchoïde ; examinée à la loupe on y distingue une multitude de très petits points brillants déterminés par la présence de thalles d'Algues. On peut reconnaître les lits de stratification, mais moins facilement que sur les fragments de boghead à Pilas ; il brûle avec une flamme fuligineuse, mais on ne voit pas comme pour les bogheads à Reinschias, de l'huile suinter à la surface des échantillons chauffés par la combustion. La densité de ce boghead égale 1,228, la même que celle du boghead Russel.

Le boghead Armadale est formé d'Algues gélatineuses diverses, *Thylax britannicus*, *Pila scotica*, de microspores, mais l'Algue dominante caractéristique de ce boghead est le *Thylax britannicus*.

GENRE THYLAX

Le genre *Thylax* renferme des Algues globuleuses ou sphériques, quand elles sont simples et n'ont pas bourgeonné, légèrement rugueuses à la surface et creuses à l'intérieur.

Le thalle est composé d'une seule rangée de cellules limitant une cavité relativement volumineuse. Les cellules sont un peu plus hautes que larges ; leur paroi de fond, celle qui regarde l'intérieur est plus épaisse que les parois latérales et semble recouverte d'une couche de gélose. La cavité envoie entre les cellules du thalle des prolongements qui mettent en communication l'intérieur de l'Algue avec le milieu extérieur. Aussi, sur les différentes coupes, la partie interne est-elle souvent colorée en brun comme la matière fonda-

mentale qui l'entoure et qui y a pénétré. En section transversale parallèle aux lits des thalles, les prolongements de la cavité vers la surface se montrent sous la forme $\times$ dont les branches latérales peuvent elles-mêmes se diviser, il n'est pas rare d'observer des cellules groupées par quatre dans les angles formés par les branches de la figure.

Ce nouveau genre diffère essentiellement des genres *Pila* et *Reinschia*, non seulement par la forme des cellules du thalle, mais par cette particularité importante que le thalle n'est pas continu et que la cavité centrale est mise en communication avec l'extérieur par un certain nombre d'orifices disposés plus ou moins symétriquement, ce qui permet de le comparer à certains genres vivants de la famille des Protococcacées, tel que le genre *Cœlastrum* entre autres; ce dernier contient des Algues dont le thalle sphérique est creux, composé d'une seule couche de cellules disposées en un réseau régulier, dont les mailles permettent à la cavité centrale de communiquer avec l'extérieur.

Dans le genre fossile, les cellules ne sont pas disposées en réseau; elles sont unies entre elles beaucoup plus solidement et forment des groupes plus étendus; toutefois ce genre paraît moins éloigné des genres actuels que les *Pilas* et les *Reinschias*.

THYLAX BRITANNICUS

FIG. 1 et 2, PL. XXI.

Le boghead anglais connu sous le nom de boghead Armadale est formé presque uniquement par la réunion de petites Algues globuleuses, creuses, réunies par une matière fondamentale amorphe.

Leur diamètre n'atteint que 42 μ chez les sujets

adultes n'ayant pas bourgeonné; le thalle est formé d'un assez grand nombre de cellules disposées sur un seul rang, de forme prismatique et dont le grand axe qui mesure 4 à 6 μ est dirigé suivant le rayon de la sphère. En coupe transversale elles sont polygonales et larges de 3 μ environ, en coupe longitudinale elles sont à peu près rectangulaires et comme la paroi extérieure manque le plus souvent, le thalle paraît avoir un bord dentelé a (Fig. 1). La cavité centrale est relativement volumineuse, elle peut atteindre 32 μ .

Le mode de division des thalles semble un peu différent de celui que nous avons observé chez les Pilas; en effet, chez ces derniers, après avoir atteint une certaine dimension, l'Algue se partage en deux moitiés qui restent soudées ou se séparent; il n'est pas rare que les deux moitiés, dans le cas où elles sont restées en contact, se partagent à leur tour et forment ainsi, après plusieurs divisions successives, une masse assez volumineuse composée de thalles que l'on peut au microscope distinguer les uns des autres.

Dans l'Algue que nous décrivons, la division semble se faire d'une autre manière; en effet, la plupart des thalles se montrent, quand on les observe en section transversale (Fig. 1 et Fig. 2), comme fendus et séparés en plusieurs fragments. La cavité centrale se poursuivant à travers la couche de cellules périphériques formait des lignes suivant lesquelles se faisait la segmentation; il est possible que le nombre des segments fût un multiple de quatre, comme semble l'indiquer le nombre des lignes que l'on observe sur les thalles, mais nous ne pouvons l'affirmer.

Les segments eux-mêmes se subdivisaient en fragments formés d'un nombre limité de cellules 4 ? b (Fig. 1). Autour des Algues plus ou moins bien conservées, on voit un grand nombre de thalles beaucoup plus

petits composés de deux, quatre cellules; ceux qui sont formés de 4 cellules mesurent 6 à 7 μ de diamètre, par conséquent les cellules ont sensiblement les mêmes dimensions que celles des thalles adultes.

Ces thalles rudimentaires sont dus, sans doute, aux fractionnements multipliés des segments, d'abord pleins quand ils ne comprennent que quatre cellules; il se forme bientôt une cavité par les divisions latérales de celles-ci, divisions qui tendent à augmenter rapidement la surface du corps sphérique en même temps que son diamètre; la cavité devient d'autant plus spacieuse que la segmentation des cellules périphériques disposées sur un seul rang est poussée plus loin.

L'épaisseur des cloisons latérales reste sensiblement constante; il n'en est pas de même de la paroi de fond, celle qui limite la cavité; à mesure que le thalle grandit, la membrane commune, qui résulte de toutes les cloisons de fond, s'épaissit notablement dans tous les points où la cavité n'envoie pas des prolongements entre les cellules.

Cette Algue diffère du *Pila bibractensis* par ses dimensions qui sont beaucoup plus faibles, le diamètre moyen est en effet cinq fois plus petit; par son mode de segmentation, qui semble s'effectuer suivant les prolongements de la cavité centrale à travers les cellules du thalle, les fragments se divisent à leur tour en parties plus petites, presque simultanément; par sa cavité centrale relativement grande, et par la petitesse des cellules qui la délimitent.

Elle diffère également du *Pila scotica* par ces mêmes caractères, leurs parois de fond sont plus épaisses.

Les différences avec les *Reinschia australis* sont encore plus marquées sous le rapport de la taille qui est bien plus faible, sous celui des invaginations qui font absolument défaut, et la forme des cellules.

En résumé, les prolongements de la cavité centrale vers la périphérie séparent nettement cette espèce des *Pila bibractensis*, *P. scotica*, *Reinschia australis*, *R. capensis*, etc., que nous avons décrits.

Le boghead Armadale est formé presque uniquement de ces Algues ; on y rencontre cependant quelques *Pila scotica*, quelques macrospores, des microspores isolées ou encore réunies en tétrades, des spores de Fougères.

Les thalles sont disposés en lits moins apparents, moins épais que ceux du boghead d'Autun ou d'Australie. La matière fondamentale renferme de nombreuses Bactériacées de forme coccoïde. Les thalles en contiennent également de grandes quantités, réparties tantôt à la place des membranes communes, tantôt réparties sans ordre au sein de la pulpe du thalle désorganisé a, b.

(FIG. 2, PL. XXI. Gros. $\frac{650}{1}$.)

Les Microcoques que nous avons rencontrés à l'intérieur des thalles mesurent 0,4 à 0,7 de diamètre, nous les avons désignés sous le nom de *Micrococcus petrolei*, var. C.

L'envahissement des *Thylax* par les Microcoques a pu s'effectuer par la surface externe et par la cavité centrale puisque celle-ci communiquait librement avec le milieu extérieur.

Les *Thylax* ne paraissent pas très répandus, nous ne les avons rencontrés que dans le boghead Armadale et un autre boghead donné par Darcet au Museum en 1859, sans indication de provenance. Le fragment que nous avons eu entre mains avait un aspect plus terne que le boghead Armadale, ne montrait pas, sur la cassure, de bandes indiquant une stratification définie. Les préparations ne contenaient que des bandes d'Algues assez espacées, l'intervalle était rempli par de la matière fondamentale noire, tenant en suspension des débris

microscopiques de végétaux, des macrospores, etc. Les Algues qui formaient les bandes étaient des *Thylax* présentant les caractères que nous venons d'exposer mais d'une conservation moins bonne que celles d'Armadales.

BOGHEADS AMÉRICAINS

Nous avons reçu de M. le D^r Lester Ward, le géologue bien connu, de Washington, une précieuse collection de Cannels américains ; certains d'entre eux contiennent une proportion d'Algues qui les rapprochent des bogheads, nous citerons entre autres le canal Beaver Dam, Ohio Co. (Kentucky).

Ce combustible est d'un beau noir mat devenant brillant par la friction avec un corps dur, tenace, à cassure luisante conchoïde. On ne distingue que difficilement avec une forte loupe des points brillants correspondant aux corps organiques (Algues) qu'il renferme. Il est moins élastique sous le choc que les vrais Bogheads, il donne une poudre noire tirant un peu sur le brun.

PILA KENTUCKYANA

FIG. 4, PL. XXIII

Les corps organisés les plus nombreux sont des Pilas, les thalles globuleux sont isolés ou forment des groupes de huit à dix et non des bandes continues comme dans les bogheads d'Ecosse ; leur taille est plus petite, les plus grands thalles mesurent 66μ de diamètre, la cavité centrale 20μ environ, les cellules 18μ de longueur sur 4 à 5μ de largeur ; les thalles moyens n'ont guère que 40μ de diamètre. Ces dimensions sont beaucoup plus restreintes que celles des *Pila scotica* qui mesurent comme nous l'avons dit 107 suivant leur

grand diamètre et 86 μ suivant le petit. Les cellules sont plus allongées et plus grêles que dans les Algues écossaises. Pour ces divers motifs nous croyons devoir créer l'espèce nouvelle, *Pila Kentuckyana*.

Les Pilas sont accompagnés d'une certaine quantité de fructifications de Cryptogames, les unes arrondies mesurant 33 μ de diamètre, ouvertes ou non suivant leurs trois lignes de déhiscence ; les autres de dimensions plus considérables mais alors se présentant sous la forme de bandes irrégulières, amorphes, de couleur rouge brun plus ou moins foncé. Les plus nombreuses et que nous rencontrerons en grand nombre dans les Cannels ont une forme trigone, suivant leur plus grande longueur elles mesurent 20 μ et suivant leur plus petite 17 μ ; elles sont presque toujours isolées. Ce sont des microspores de Lycopodinéas. On reconnaît çà et là des débris de sporanges de Fougères, tous ces corps divers sont réunis par la matière fondamentale ordinaire. Le combustible en question se rapproche des bogheads à cause des nombreux Pilas qu'il contient, mais d'un autre côté une proportion assez grande de fructifications de Cryptogames le rattache aux cannels.

Les Bactériacées sont visibles, à l'intérieur des thalles, en forme de chaînettes marquant les arêtes des cellules détruites ; on les observe aussi, en groupes nombreux, quand le tissu de l'Algue a été réduit en une sorte de pulpe. La matière fondamentale et les différentes formes de fructifications que nous avons signalées en contiennent également soit à leur intérieur, soit à leur surface.

Ce que nous devons retenir de l'étude de ce Cannel-Boghead c'est que le genre *Pila* était répandu non seulement dans les différentes régions de l'Europe, mais encore dans l'Amérique du Nord, et que ses différentes espèces ont contribué à la formation des bogheads et des cannels.

Nous donnons un peu plus loin, à l'article cannels américains, quelques notes complémentaires sur ce canal-boghead.

CHARBONS-BOGHEADS RUSSES

Les charbons-Bogheads russes d'Alexandrewski, de Kourakino, de Murajewnja, etc. (1) sont des combustibles de couleur brun foncé, se délitant à l'air assez facilement en feuillets ; un certain nombre d'échantillons absorbent de l'oxygène et se couvrent d'efflorescences dues à du sulfate de fer. Ils n'offrent pas au choc la résistance élastique des bogheads, leur aspect est *lignitoïde*, et leur pulvérisation relativement facile fournit une poudre brune chargée d'acide ulmique.

Ils ne présentent pas sur leur section fraîche les bandes brillantes des bogheads français ou australiens, ils brûlent avec une flamme fuligineuse mais de moindre durée que celle de ces combustibles.

Les charbons-bogheads de Kourakino, de Murajewnja renferment un assez grand nombre de débris de plantes qui sont reconnaissables, nous ne pouvons en donner ici l'étude détaillée, nous ne ferons que les mentionner.

Les fructifications de Cryptogames s'y rencontrent en assez forte proportion. Voici les formes principales que nous y avons distinguées :

1° Macrospores sphériques à surface unie, marquées des trois lignes radiales de déhiscence, mesurant 30 μ de diamètre ; exospore mince ;

2° Macrospores à surface lisse, à parois épaissies,

(1) Nous devons à MM. de Keppen, Karpinsky et Tohernischef, les échantillons de charbon du Bassin houiller de Moscou qui nous ont permis de faire ces premières constatations : nous adressons aux savants russes nos sincères remerciements.

munies dans la région équatoriale, d'un bourrelet circulaire saillant, arrondi, montrant très nettement les trois lignes radiantés ; les dimensions peuvent varier de 100 à 130 μ ;

3° Macrospores de forme trigone quand on les voit normalement au plan de l'équateur, à angles arrondis ; les trois lignes de déhiscence sont également très visibles ; exospore très épaisse ; diamètre passant par le milieu d'un côté et de l'un des angles, mesurant 60 μ ;

4° Macrospores présentant une surface couverte d'un réseau à crêtes saillantes très prononcées ; dimensions variant de 60 à 85 μ , semblables à celles des *Sphenophyllum*, mailles hexagonales larges de 12 μ ;

5° Fructifications de forme arrondie ou trigone, creusées d'une petite cavité présentant un bord relativement épais, aplati, orné d'une couronne de punctuations coccoïdes placées circulairement soit sur le contour interne des bords, soit au milieu de leur épaisseur, le fond de la cavité paraît chagriné. Le diamètre moyen est de 45 μ , celui de la cavité 18 μ et l'épaisseur des bords de 9 μ . Cette forme se retrouve dans quelques cannelés anglais (cannel Bryant) (Fig. 15 et 16, Pl. XXI), avec des dimensions un peu plus petites.

D'autres fructifications trigones mais ne présentant ni bourrelet, ni couronne, se rencontrent également dans les charbons-bogheads russes, mais ce sont des microspores sans doute de Lycopodinéés, elles sont extrêmement communes dans la plupart des cannelés et caractéristiques pour certains d'entre eux (1) ;

6° Plus rarement nous avons rencontré des corps

(1) Voir plus loin la description des cannelés d'Ecosse, d'Espagne, d'Allemagne, de l'Amérique du Nord, etc.

affectant la forme d'une croix de Malte mesurant $30\ \mu$ de hauteur et de largeur.

Ce sont des cellules quadrangulaires, plates, à quatre branches, les côtés extérieurs des branches sont entiers, droits ou légèrement concaves ; les bords latéraux sont franchement courbes et l'intervalle qui sépare deux branches a la forme d'un demi-cercle dont le diamètre est de $12\ \mu$; la longueur des branches présente sensiblement la même grandeur, leur largeur dans la région la plus étroite est de $8\ \mu$ environ. Les extrémités de deux branches voisines sont réunies par un prolongement linéaire qui n'est peut-être qu'une portion de membrane détachée. Au centre de la cellule on remarque un noyau diffus, arrondi et mesurant $6\ \mu$ de diamètre.

Cette espèce rappelle par sa forme certaines Algues du genre *Tetrapedia*, entre autres le *Tetrapedia Crux-Michaeli* ; cependant dans cette dernière, les bords internes latéraux des branches sont droits au lieu d'être concaves, l'intervalle qui les sépare a la forme d'un triangle allongé et non celle d'un demi-cercle, de plus elle ne mesure que $13\ \mu$ environ, tandis que notre Algue fossile a $30\ \mu$ de diamètre.

Nous le désignerons sous le nom de *Subtetrapedia russiana*.

Les *Tetrapedia* font partie comme l'on sait de la Famille des Chroococcacées, ce sont des Algues qui vivent dans les eaux douces.

Nous accompagnons le nom générique d'un point de doute, car n'ayant rencontré que très rarement cette Algue, nous attendrons pour l'adopter définitivement, que nous en ayons fait une étude plus complète.

Mais les débris les plus considérables et qui forment

plus de la moitié de la masse du combustible appartiennent à deux types d'Algues, le *Pila Karpinskyi* et le *Cladiscothallus Keppeni*.

PILA KARPINSKYI

FIG. 7, PL. XXI.

Les *Pila Karpinskyi* possèdent des thalles globuleux sensiblement sphériques quand ils n'ont pas été comprimés et mesurant alors 30 à 50 μ de diamètre ; vus en dessus, ils paraissent discoïdes et vus par la tranche, la section est elliptique ; leur forme est donc plus ou moins lenticulaire ; le grand axe de la section elliptique atteint 55 μ et le petit environ 30 μ .

Les thalles adultes semblent pleins, mais cet aspect est dû à ce que les parois se sont rapprochées, comme cela arrive souvent, par la compression ; les thalles plus jeunes qui ne mesurent que 25 μ de diamètre restés sphériques, montrent souvent une cavité large de 11 μ entourée d'une couche de cellules orientées suivant les rayons d'une sphère. Ces cellules sont prismatiques, disposées sur un seul rang, longues de 7 μ dans l'exemple cité, mais prenant, sans doute, un accroissement en longueur plus grand ; leur section transversale est polygonale et mesure 3 à 4 μ de largeur du côté externe.

On remarque fréquemment des groupes plus ou moins nombreux formés par ces thalles, soit qu'ils aient été amenés au contact et serrés les uns contre les autres, soit parce qu'ils se sont multipliés par division comme le *Pila bibractensis*.

L'espèce en question diffère de ce dernier *Pila* par sa taille beaucoup plus faible, par sa cavité centrale qui est moins apparente, par ses cellules qui sont plus courtes et moins larges.

Les *Pila scotica*, comme nous l'avons vu, offrent lorsqu'ils ont une forme lenticulaire une section elliptique dont le grand axe mesure 107 μ environ et le petit axe 85 μ , leurs cellules ont des dimensions également plus fortes que celles du *Pila Karpinskyi*. Pour ces raisons, et aussi à cause des différences de niveau, nous avons cru devoir créer une espèce nouvelle.

Le *Pila Karpinskyi* est très commun dans les charbons de Murajewnja, de Kourakino, d'Alexandrewski de Tschoulkowo, etc. Il a contribué dans une large part à la formation des charbons-bogheads russes.

Comme on le voit, le genre *Pila* se rencontre dans tous les bogheads ou charbons-bogheads étudiés jusqu'ici dans l'hémisphère boréal depuis l'étage permien, peut-être même depuis l'étage du Lias, jusque dans le Culm inférieur. On n'a pas encore constaté de boghead dans le terrain dévonien, mais si un jour ce fait se présentait, il serait intéressant de rechercher si ce genre avait déjà fait son apparition à cette époque.

GENRE CLADISCOTHALLUS

Thalle profondément ramifié, discoïde, large de deux ou trois dixièmes de millimètre; rameaux rayonnants, plusieurs fois dichotomes, partant d'un centre commun et formant en se recouvrant plusieurs rangées superposées; il est possible qu'avant leur aplatissement ils aient produit un thalle hémisphérique fixé par son centre, ou globuleux, mais libre; les rameaux et ramules sont formés de cellules un peu plus larges que hautes, placées bout à bout; les parois sont très souvent perforées par un travail microbien, elles semblent alors communiquer entre elles. Il est vraisemblable qu'une couche de gélose environnait le thalle comme cela se voit dans beaucoup d'Algues vivantes.

GLADISCOTHALLUS KEPPENI

FIG. 3 à 7, PL. XXI

Les thalles sont aplatis, discoïdes (FIG. 3), irrégulièrement circulaires ou ovales à cause du chevauchement des rameaux produit par la compression; ils mesurent 250 à 300 μ de diamètre; ils sont composés de rameaux plusieurs fois dichotomes a (FIG. 4), longs de 130 à 140 μ partant en rayonnant d'un centre commun, faciles à désarticuler, les rameaux sont, en effet, beaucoup plus fréquents que les thalles entiers; avant son aplatissement le thalle pouvait donc être hémisphérique, peut-être globuleux.

Les rameaux et les ramules sont formés de cellules cylindriques placées bout à bout un peu plus larges que hautes; leur diamètre en effet est d'environ 4 à 5 μ et leur hauteur de 2 à 3 μ .

A leur surface on distingue des perforations horizontales produites par les Bactériacées.

Sur une coupe transversale perpendiculaire au thalle, les rameaux rapprochés les uns des autres se touchent; l'ensemble de la section est elliptique, mesurant suivant le grand diamètre de 53 à 100 μ et 21 à 35 μ suivant le petit; dans la région la plus épaisse on peut compter 4 à 6 rangées de rameaux superposés. Nous n'avons remarqué aucun poil ou piquant à l'extrémité des rameaux ni aucune cellule terminée en pointe.

Nous devons ajouter que jusqu'ici, nous n'avons pas rencontré l'Algue en question adhérente à quoi que ce soit, ce qui ferait supposer qu'elle vivait à la surface des eaux comme les Algues gélatineuses des genres *Pila*, *Thylax*, etc., dont il a été question. Lorsque la coupe passe à travers l'épaisseur d'un rameau on distingue les cloisons transversales a, c des cellules (FIG. 4, PL. XXI et 20 du texte).



Rameau *a* de la FIG. 4, PL. XXI, grossi 1200 fois.

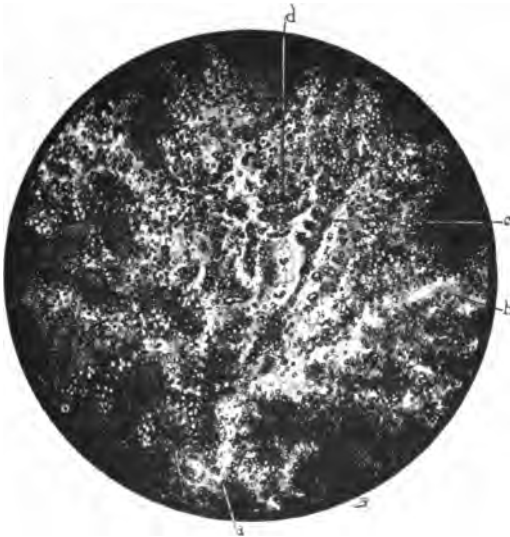
a, cellule d'attache du rameau ; *b*, *c*, ramules plusieurs fois dichotomes dont les cellules sont indiquées par des rangées de Microcoques.

Dans cette dernière figure considérablement grossie, le rameau *a* échappé à un écrasement qui dans les autres exemplaires a fait disparaître presque toutes les traces d'organisation ; les cellules cylindriques placées bout à bout sont limitées par leurs membranes communes, ces membranes sont indiquées par la présence de nombreux Microcoques qui en occupent l'épaisseur.

Cette répartition des microorganismes rappelle celle que nous avons constatée dans les *Pila bibractensis* où les cellules ne sont souvent distinctes que parce que leurs contours sont dessinés par des Microcoques ; ceux-ci se voient assez mal à l'intérieur de la matière pulpeuse qui remplit les cellules.

Tous les thalles ont été envahis par un nombre considérable de microcoques mesurant $0,4\ \mu$ à $0,5\ \mu$, ceux qui sont encore adhérents aux parois, et $0,7$ à $0,9$, ceux d'autre part qui sont disséminés à l'intérieur de la masse pulpeuse des thalles décomposés. Nous les avons désignés sous le nom de *Micrococcus petrolei* Var. D, D' c'est-à-dire le même que celui donné aux Cocci rencontrés dans les *Pila Karpinskyi*, Algues qui accompagnent les *Cladiscothallus*.

FIG. 21.



Cladiscothallus Keppeni, rameau altéré, Gross. $\frac{1200}{1}$

a, Base d'attache du rameau ; *b*, un rameau plusieurs fois dichotome ; *c*, *d*, cloisons séparant les cellules. Les Microcoques sont répartis dans tous les points du rameau, à l'intérieur comme à l'extérieur.

Les cellules des thalles qui ont conservé quelque structure, ont retenu dans l'épaisseur de leurs parois des Microcoques *c d* (FIG. 21 du texte) et *a, b* (FIG. 6, Pl. XXI) qui apparaissent en chainettes continues ; c'est à la présence de ces microorganismes occupant les

parois des cellules des thalles représentés (Fig. 4) que l'on doit de pouvoir compter leur nombre et leurs dimensions, les lignes transversales et les parois latérales sont peuplées de *Cocci* mesurant de 0,4 à 0,5 μ visibles sous un grossissement de douze cents diamètres.

Les thalles de *Cladiscothallus* présentent donc, comme ceux des *Pilas* quand ils n'ont pas été écrasés ou qu'ils n'ont pas une structure homogène, des Microcoques encore en place dans les membranes moyennes qui dessinent la forme des cellules. Quand la masse du thalle a pris l'aspect pulpeux, les microbes sont groupés ou disséminés au hasard c (Fig. 5 PL. XXI). L'invasion est venue de l'extérieur, car la matière fondamentale environnante est remplie de formes coccoïdes de tailles diverses.

Le port du *Cladiscothallus Keppeni* rappelle un peu celui des *Chætophora* qui offrent un thalle entouré de gélose, mais il en diffère par ses dimensions qui sont beaucoup plus petites, par l'absence de cellules terminales souvent prolongées en pointe, et par la disposition et la fréquence des dichotomies qui donnent aux rameaux un aspect trapu et plus sinueux.

Nous ne pouvons donc prétendre que les *Cladiscothallus* forment un genre fossile faisant partie de la famille des Chætophoracées de l'ordre des Nématophycées, n'ayant pas constaté la présence d'oospores, de zoogonidies, ou d'autres moyens de reproduction. Il est certain cependant que ce genre appartient à un ordre plus élevé que les genres *Pila*, *Thylax*, etc. Malgré sa grande ancienneté, l'étude d'échantillons mieux conservés permettra, nous l'espérons, de préciser davantage la place que doit occuper ce genre intéressant.

Nous avons rencontré les *Cladiscothallus* dans des échantillons provenant de Murajewnja (gouvernement

de Rjazan), de Kourakino (gouvernement de Toula). Les couches qui renferment ces bancs de combustible correspondent à la partie la plus basse du système compris entre le Dévonien supérieur, d'une part, et la base du Moscovien (équivalent du Westphalien) de l'autre, c'est-à-dire du Culm inférieur.

Déjà Gümbel avait signalé (1) dans le Gaskohle de Tschulkowa près de Toula deux formes distinctes de petites Algues, l'une globuleuse semblable à celles qu'il avait rencontrées dans certains cannels et certains bogheads ; l'autre, de taille plus considérable, à thalle ramifié, dont les branches sont formées d'articles qu'il compare à des verres de montre superposés (Fig. 64, Pl. III, loc. cit.) ; mais il ne donne de nom ni à l'une ni à l'autre de ces espèces.

Il est possible que ces deux sortes d'Algues soient voisines de celles que nous décrivons ; elles pourraient peut-être même se confondre avec elles ; mais les détails fournis par Gümbel sont si peu étendus dans sa description et dans ses figures que nous ne pouvons rien affirmer à ce sujet.

Toutefois, avec Gümbel, nous pensons que ces corps organisés sont de nature végétale, et qu'on ne peut, vu leurs dimensions qui ne dépassent pas 0^{mm},3 considérer le *Cladiscothallus* comme l'axe chitineux ramifié de quelque zoophyte.

L'organisation des rameaux que nous avons fait connaître avec assez de détails ne concorderait nullement avec cette hypothèse qui a été émise.

Le charbon russe de la mine d'Alexandrewski a fourni à l'analyse les données suivantes :

(1) Gümbel. *Beitrage zur Kenntniss der Texturverhältniss der Mineralkohlen (Sitzungs.). Berichte der K. bayer. Acad. de Wissenschaften.* Math. phys. 1883.

Densité = 1,34

Carbone.....	53,12
Hydrogène.....	6,19
Azote.....	1,67
Oxygène et soufre.	13,32
Cendres.....	25,70

Les proportions entre le carbone et l'hydrogène sont à peu près les mêmes que dans le boghead d'Autun : en effet le rapport $\frac{C}{H}$ est 8,5, tandis que dans le boghead d'Autun il est égal à 8. Mais la quantité d'oxygène est notablement plus forte ; le rapport $\frac{C}{O}$ n'y dépasse guère 5 tandis que dans le combustible autunois ce même rapport atteint 80. Le charbon russe renferme donc plus d'oxygène que les bogheads permien de France, d'Angleterre et d'Australie uniquement formés d'Algues ; il en renferme également plus que les cannelles ordinaires. Sa composition rappelle celle des *cuticules*.

La présence d'une assez grande quantité de fructifications de Cryptogames vasculaires ne serait peut-être pas étrangère à l'existence de cette proportion notable d'oxygène et justifierait l'opinion que nous avons émise que certains charbons russes étaient différents des bogheads et des cannelles.

Le charbon *Alexandrewsky* renferme en effet, en outre des *Pila* et des *Cladiscothallus*, une assez grande quantité de fructifications cryptogamiques telles que :

1° Des macrospores mesurant 46,5 μ de diamètre total ; munies d'une sorte de bourrelet équatorial large de 13,5 ; la macrospore proprement dite ne mesure que 33 μ , les trois lignes radiant s'étendent jusque vers le bourrelet, la surface est lisse.

2° Des macrospores de *Sphenophyllum* larges de $73\ \mu$, le profil est marqué de crêtes saillantes hautes de 3 à $4\ \mu$; ces crêtes sont produites par un réseau très visible formant à la surface des mailles penta ou hexagonales mesurant environ $13\ \mu$ de largeur.

3° Microspores en forme de triangle équilatéral à angles arrondis, mesurant $26\ \mu$ de hauteur; la cavité est large de $7\ \mu$, les bords épais sont parcourus, vers leur milieu, par une couronne de ponctuations; nous avons toujours rencontré ces microspores isolées.

Les Pilas se présentent quelquefois non déformés quoique profondément altérés; ils peuvent atteindre à l'état adulte un diamètre de $50\ \mu$, la cavité centrale mesure $33\ \mu$, les cellules du thalle très grêles sont longues de 6 à $7\ \mu$. Les parois contiennent des Microcoques, quelquefois disposés en chaînettes de trois à quatre individus.

Les thalles de *Cladiscothallus* mesurent $79\ \mu$ de diamètre, les rameaux désarticulés sont en assez grand nombre, quelques-uns atteignent $45\ \mu$ de longueur, se bifurquent plusieurs fois de suite; les derniers ramules ont 4 à $5\ \mu$ de largeur.

Nous avons en outre rencontré des fragments d'épiderme, de cuticule de couleur rouge-brun.

Quelques remarques sur les Bogheads.

La composition chimique des bogheads d'Autun, d'Australie, d'Ecosse conduit à la formule brute C^2H^2 , en négligeant la petite quantité d'oxygène $\frac{1\text{ à }2}{100}$ qui est due peut-être à une oxydation lente de la matière, ou à la présence de corps organisés (Microcoques) qui en contiennent une certaine quantité. Cette composition qui se rapporterait à un carbure ou un mélange de

carbures hypothétiques, a fait songer à l'imbibition de thalles d'Algues par des carbures d'hydrogène qui auraient été retenus par une affinité spéciale de la matière organique végétale amenée à un état particulier de décomposition. La présence de cette sorte de bitume ayant des propriétés *sui generis*, expliquerait comment la proportion du carbone et de l'hydrogène contenus dans un centimètre cube de boghead, par exemple, peut être bien supérieure à la quantité de carbone et d'hydrogène que fournirait la plus grande quantité d'Algues qu'on logerait dans ce même centimètre cube.

Nous ne croyons pas que la présence d'un bitume venu du dehors et absorbé par les thalles soit la seule façon d'expliquer la richesse des bogheads en hydrogène et en carbone.

En effet, les Algues sont entourées de matière fondamentale qui s'est déposée en même temps qu'elles, en couches stratifiées. Cette matière fondamentale, de couleur foncée, doit son opacité apparente à des poussières organiques et inorganiques, mais là où elle en est débarrassée, comme nous l'avons indiqué, elle est transparente, sa fluidité a été assez grande pour pénétrer dans les fentes des concrétions siliceuses du boghead d'Autun et pour mouler et pénétrer les thalles.

Les thalles en effet, désorganisés par les Microcoques, réduits souvent à des masses pulpeuses presque sans consistance, peuvent être comparés à des éponges microscopiques qui se sont imprégnées de la matière fondamentale ; la concentration, par dessiccation, de la matière fondamentale s'est propagée à l'intérieur des thalles qui actuellement contiennent les produits hydrocarbonés qu'ils ont pu fournir et ceux qu'ils ont reçus du dehors.

L'expérience suivante, facile à réaliser, donne quelque appui à cette manière de voir. Que l'on découpe dans

une éponge fine des cubes mesurant 1 centimètre d'arête, qu'on les mette en suspension dans une dissolution filtrée incolore de gomme arabique et contenue dans un vase en verre qui permette de voir les cubes par transparence ; si on a soin de soumettre à une évaporation *spontanée* le liquide gommeux, en évitant la chute des poussières de l'air qui détermineraient l'apparition de végétations diverses, on constate que le liquide diminue peu à peu sans que les cubes changent de grandeur et de forme, l'évaporation de l'eau peut devenir complète, la masse passer à l'état solide, les cubes conservent, à peu de chose près, leur volume primitif (la diminution de la longueur de l'arête n'est que de $\frac{1}{12}$) ; ils sont remplis de gomme solidifiée, celle-ci avait diminué des $\frac{2}{3}$ de son volume, diminution bien supérieure à celle des cubes.

Il est évident que chacun des cubes s'est mis en équilibre de saturation avec le milieu dans lequel il était en suspension, pendant toute la durée de l'expérience qui s'est prolongée plusieurs mois. La petite diminution de volume est due à l'évaporation finale qui a desséché la masse restée transparente. Ce résultat, du reste, était facile à prévoir. Les préparations faites dans les bois minéralisés des magmas siliceux montrent que l'intérieur des cellules et des vaisseaux est complètement rempli par de la silice, il est clair qu'avant de se solidifier elle s'est trouvée dans une dissolution plus ou moins étendue et que la concentration du liquide extérieur s'est propagée peu à peu à l'intérieur des fragments de bois, chaque portion du dissolvant enlevée étant remplacée par une portion de liquide plus concentrée et finalement par de la silice très peu hydratée. Il faut ajouter que la pénétration a été aidée

par les parois mêmes des cellules et des vaisseaux que l'on retrouve encore plus ou moins bien conservés à l'intérieur et dont on peut étudier les détails d'organisation.

Les végétaux carbonatés ou phosphatés que l'on pourrait encore citer présentent les mêmes particularités, nous n'y insisterons pas.

On voit donc que la matière fondamentale pénétrant les thalles qui l'ont filtrée pour ainsi dire, à mesure qu'elle se concentrait, serait suffisante pour expliquer la plus forte proportion d'hydrogène et de carbone renfermée dans un volume donné de Boghead comparativement à la quantité de ces deux mêmes corps, fournie par les thalles qu'on pourrait faire tenir dans le même volume.

Une autre raison nous porte à penser qu'il n'y a pas eu injection de bitume entre et dans les Algues du Boghead ; c'est la propriété que possède ce corps de s'imbibier d'eau et d'augmenter de volume d'une façon très sensible. Il nous est arrivé bien souvent, sur le point de terminer une préparation, de voir la mince lamelle se gondoler et se détacher de son support, elle s'était gonflée et étendue en surface (1). Ce phénomène se présente aussi fréquemment lorsque l'on prépare des bois transformés en lignite, ou bien, la matière fondamentale même qui entoure les fragments de plantes ou d'animaux. Nous pensons que si la matière était imbibée de bitume la pénétration de l'eau serait considérablement gênée, si elle n'était pas rendue impossible. Les fragments de bois franchement bitumineux ne se laissent pas pénétrer par ce liquide. Si

(1) Pour éviter cet inconvénient fâcheux, il suffit, quand la préparation a atteint quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur, d'employer de la glycérine au lieu d'eau.

réellement c'est la matière fondamentale, et non des matières bitumineuses, qui a pénétré les thalles des Algues du boghead, on peut demander d'où elle vient, nous avons déjà fait réponse à cette question que nous rappellerons brièvement.

Les Algues étaient entourées de matières gélosiques, les eaux tenaient en suspension de nombreux fragments de plantes, nous avons fait voir, en effet, que des débris de cellules, des faisceaux vasculaires, montrant en certains points des traces d'organisation, les perdaient un peu plus loin et se présentaient avec un aspect résinoïde, rouge brun ; que cette matière pouvait entourer et pénétrer les thalles ; par conséquent nous admettons volontiers que la matière fondamentale est d'origine végétale et le résultat du travail bactérien sur les fragments de plantes déterminables ou non qui s'y trouvent en suspension et sur la gélose entourant les thalles.

Si la transformation des différents tissus végétaux sous l'influence microbienne a donné naissance à la matière fondamentale, on doit retrouver les Bactériacées qui l'ont produite dans un état de conservation presque *parfait* soit dans son intérieur, soit dans les restes reconnaissables ou non, des débris de végétaux qui s'y trouvent. Ils doivent être, eux, visibles au milieu des tissus détruits.

Nous avons dit que la matière fondamentale était colorée en noir par des poussières organiques et inorganiques d'une ténuité extrême et que là où on pouvait l'obtenir suffisamment transparente, des corps d'aspect coccoïde se voyaient en forte proportion ; parmi ces corps, nous sommes persuadés qu'il y en a un grand nombre qui sont des Microcoques ; en effet, c'est du milieu extérieur que les différentes plantes ou fragments de plantes ont reçu les Bactériacées *qu'on y*

observe, par conséquent ce milieu dans lequel s'est produite la matière fondamentale a dû nécessairement en contenir.

Quand les Algues, les Pilas par exemple, sont entières on voit à leur surface en contact avec la matière fondamentale de nombreux Microcoques qui sont encore adhérents. Si ces organismes étaient restés à leur surface on ne pourrait pas leur attribuer nécessairement les transformations qui se sont produites à l'intérieur dans un très grand nombre de cas.

On sait que les parois des cellules sont formées de deux couches distinctes et de composition différente : une membrane primitive commune à deux cellules qui se touchent et une série d'épaississements souvent inégalement répartis tapissant cette membrane.

Si l'invasion microbienne s'est faite de l'extérieur à l'intérieur comme cela paraît être pour les Algues des bogheads par la perforation des parois externes des cellules, les Microcoques s'attaquant aux épaississements les ont transformés peu à peu en cette matière pulpeuse dont nous avons parlé bien souvent résultant des portions non assimilées, et des produits liquides de leurs actes vitaux. Cette matière pulpeuse renferme les Microcoques qui se sont succédé pendant sa production, ils ont une taille de $0,8 \mu$ environ.

Une fois les épaississements dissous, les Bactériacées se sont attaquées aux membranes moyennes ; celles-ci ont été détruites par les Microcoques qui ne mesurent que $0,5 \mu$ morts sur place, et ce sont eux qui actuellement alignés en nombre considérable, nous montrent les contours des anciennes cellules (1).

Dans cet état le thalle devait présenter une bien

(1) Voir les nombreuses figures de la PL. XIX.

faible résistance, et la moindre compression brisant la régularité des lignes microbiennes, devait amener facilement leur mélange et la disposition irrégulière que nous avons signalée.

Tant que la matière pulpeuse formée d'éléments différents conservait cet état, les Microcoques qui y étaient contenus restaient encore visibles, mais souvent il s'est produit un travail de dissolution dans cette matière pulpeuse : la masse est devenue homogène, les Microcoques dispersés dans cette masse, ayant sans doute la même réfringence sont à peu près invisibles, ce n'est qu'au moyen d'un éclairage rendu très oblique que l'on parvient à déceler leur présence.

La décomposition plus complète des plantes des bogheads sous l'influence bactérienne a amené la formation de la matière fondamentale en quantité plus grande que dans les lignites et les tourbes, elle paraît en outre avoir eu plus de fluidité, sans pour cela amener la dissolution des thalles, la masse n'a pas été liquide, elle a été cependant assez fluide pour pénétrer les thalles et les mouler. Cette proportion plus grande de matière fondamentale et son imprégnation plus complète ont donné au boghead une structure plus homogène, une ténacité plus grande que celle que possèdent les lignites et les tourbes.

Dans les analyses que nous avons données pour le boghead d'Autun la proportion d'oxygène et d'azote est de 1,15 ; pour le boghead d'Australie 2,87 ; pour le charbon de la mine Alexandrewski l'azote seul s'élève à 1,67. Cette forte proportion d'azote pourrait s'expliquer par la présence des Bactériacées elles-mêmes. On sait en effet que les Bactériacées sont formées d'une enveloppe et d'un contenu liquide très réfringent, sans noyau, mais qui peut devenir granuleux. L'enveloppe très mince a sans doute la composition

de la cellulose, mais le contenu a une toute autre composition : 100 parties desséchées renferment :

Matière albuminoïde (Mycoprotéine) ..	84,20
Matières grasses	6,04
Cendres	4,72
Matières non dosées.....	5,04

L'analyse élémentaire fournit :

C.....	53,82
H.....	7,76
Az.....	13,92

La Mycoprotéine retirée de Bactériacées cultivées sur gélatine a fourni :

C.....	53,43
H.....	7,52
Az.....	14,71

On voit donc que si cette substance ou une substance analogue a existé dans les Bactériacées fossiles, comme elle s'y trouve en forte proportion (84/%) et que les Bactériacées sont abondantes, l'azote des bogheads pourrait provenir en partie de la présence de ces microorganismes.

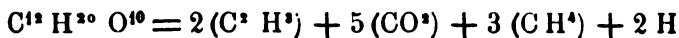
Nous avons vu que la composition des bogheads d'Autun, d'Australie, etc., pouvait être représentée par la formule approchée $C^8 H^8$ en négligeant la très petite quantité d'oxygène et d'azote, que l'on y rencontre $\frac{1 \text{ à } 2}{100}$ qui peut provenir d'une légère absorption d'une part, et de la présence de microorganismes de l'autre.

Nous avons fait remarquer que le rapport du carbone à l'hydrogène dans les bogheads est compris entre 7,2 et 8 ; pour la cellulose le rapport est 7,2. La déshydrogénation a été très faible ou nulle, la perte a donc porté

presque tout entière sur l'oxygène ; dès lors on peut considérer la formule $C^3 H^3$ comme une formule limite.

La déshydrogénation a pu se faire de bien des manières, mais toutes s'appuient sur des hypothèses que l'on ne peut vérifier. L'une des plus simples serait la suivante :

Si l'on part de la constitution de la cellulose exprimée par la formule $(C^6 H^{10} O^5)^n$ on pourrait facilement passer à celle qu'offrent les bogheads par l'élimination d'un certain nombre de produits gazeux. En effet :



ce qui exprime qu'en éliminant d'une molécule de cellulose, cinq molécules d'acide carbonique, trois molécules de méthane et deux d'hydrogène, le résidu $2 (C^3 H^3)$ aurait la même composition que la matière organique des bogheads permien. Le résidu $2 (C^3 H^3)$ représente 16,66% du poids de la cellulose, les produits volatils sont composés de 67,90 d'acide carbonique, 14,81 d'hydrogène protocarboné (méthane-grisou) et 0,61 d'hydrogène et constituent 83,33 de la masse primitive.

Or le méthane, l'acide carbonique et l'hydrogène sont des produits de diverses fermentations microbiennes actuelles ; par conséquent si les Microcoques anaérobies que nous avons rencontrés en abondance à l'intérieur des Algues du boghead ont pu provoquer dans des conditions particulières, des dégagements gazeux successifs et analogues, l'origine de ces combustibles s'expliquerait d'une façon assez simple et toute naturelle.

D'abord molle et plastique, la masse aurait durci peu à peu en se desséchant au milieu de terrains perméables et sous la pression des couches qui se

sont déposées au-dessus. La différence de composition que l'on remarque dans la partie organique des bogheads résulterait, d'une part, de l'altération plus ou moins complète des Algues, conséquence de la vie microbienne ; d'autre part, de la proportion plus ou moins grande de matière fondamentale qui les accompagne et peut-être d'une oxydation ultérieure plus ou moins avancée.

Nous avons admis que les thalles des Algues environnés et pénétrés par la matière fondamentale n'avaient que très peu diminué de volume pendant la concentration et la dessiccation de cette matière, il n'en faudrait pas conclure qu'ils ont les mêmes dimensions que lorsqu'ils étaient vivants. En effet, il s'est formé, comme nous l'avons dit plus haut, des fissures dans le boghead avant qu'il ne fût solidifié ; ces fissures ont été remplies par des dépôts siliceux, qui ont emprisonné, souvent, une certaine quantité d'Algues qui soustraites à une altération plus profonde ont été conservées telles qu'elles ont été rencontrées, car il n'y a pas de raison pour que la silice ait opéré, avec les Algues, autrement qu'elle ne l'a fait pour les organes extrêmement variés des autres plantes renfermées dans les magmas des environs d'Autun, de Saint-Etienne, Saint-Hilaire, etc. Nous avons fait de nombreuses préparations dans ces concrétions ; la plupart offrent des thalles altérés comme ceux du boghead lui-même, quelques-unes les montrent conservés, mais alors comme nous l'avons fait observer, avec une perfection suffisante pour que l'on y distingue le protoplasma des cellules et le noyau qui s'y trouve. La silice, en pénétrant dans la cellule, a déterminé ordinairement une contraction dans la masse protoplasmique qui s'est séparée des parois.

La matière fondamentale formée de poussières

minérales, de débris microscopiques, de cellules végétales, de matière gélosique transformée n'est plus comprimée comme dans le boghead ; la matière fondamentale tenue en suspension dans la masse siliceuse a un aspect floconneux qui ferait croire à un gonflement produit par la silice sur cette substance ainsi que sur les thalles ; mais ce mode d'opérer n'est pas celui que suit la silice ordinairement, qui partout ailleurs conserve les différents organes sensiblement avec leurs dimensions primitives, sauf au contraire avec un léger retrait, et exactement avec le degré d'altération qu'ils avaient au moment de l'arrivée des eaux minéralisantes. Les préparations faites dans les concrétions siliceuses sont plus transparentes que celles faites dans le boghead.

Les thalles n'ayant pas été comprimés, n'ont pas subi le retrait ordinaire observé dans les Algues du bogead, ils sont bien plus volumineux, ainsi que les cellules qui les composent.

Les sections polyédriques des cellules prismatiques mesurent $10\ \mu$ de largeur, tandis que les sections de cellules semblables prises dans un thalle de la masse du boghead entourant la concrétion atteignent à peine $6\ \mu$.

Des thalles silicifiés offrent 200 à 205 μ diamètre, tandis que ceux qui sont pris en dehors de la concrétion atteignent en moyenne seulement 120 μ . Les volumes respectifs de deux thalles sont à peu près comme les chiffres 5 et 1, c'est-à-dire qu'en se transformant en boghead le volume des cellules et des thalles est devenu cinq fois plus petit. Ces chiffres n'ont évidemment rien d'absolu, car ils ne doivent s'appliquer qu'à des thalles non déformés et ayant subi le même degré de décomposition.

Cependant que l'on nous permette de signaler une coïncidence peut-être fortuite entre cette diminution de volume des thalles et la perte de poids résultant du

départ à l'état gazeux de 83% des éléments de la cellulose ; le reste 16,6 est le $\frac{1}{6}$ de la masse primitive représentée par la cellulose, si l'on acceptait les réactions exprimées par la formule que nous avons donnée ci-dessus.

Le sixième de la masse primitive occuperait donc le cinquième du volume primitif, par conséquent la densité du boghead devrait être inférieure à celle de la cellulose et en effet la densité de celle-ci est 1,525 et celle du boghead d'Australie 1,22, du boghead Armadale 1,28, etc. En se basant sur les données précédentes on trouve que le boghead devrait avoir pour densité calculée 1,27.

D'après les faits que nous venons d'exposer succinctement on voit :

1° Que les bogheads, qu'ils appartiennent aux terrains permien, comme ceux d'Autun, de l'Esterel, de la Nouvelle-Galles-du-Sud, au terrain houiller moyen comme ceux d'Angleterre ou d'Amérique, ou bien encore au terrain du Culm inférieur comme ceux de la Russie, contiennent des quantités innombrables d'Algues microscopiques gélatineuses, variées, pour chacun d'eux, susceptibles par conséquent de les caractériser.

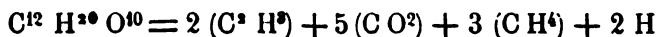
2° Le genre *Pila* semble appartenir plus spécialement à l'hémisphère boréal et le genre *Reinschia* à l'hémisphère austral.

3° Que tous ces bogheads renferment un nombre immense de Bactériacées, plus spécialement des Microcoques, dont les dimensions sont de 0,4 à 0,9 μ , les plus petits adhèrent aux membranes moyennes, les plus gros ont attaqué de préférence les épaissements.

4° On peut admettre comme très vraisemblable, que les bogheads résultent d'une macération microbienne dans

des lacs de peu d'étendue, qui a eu pour résultat de transformer la gélose et partiellement la cellulose des thalles en une substance (matière fondamentale) qui a moulé et pénétré ce qui n'a pas été complètement dissous. Les Microcoques se rencontrent en abondance dans ces débris et dans la matière fondamentale, laquelle contient, en outre, des poussières minérales, des spores, des grains de pollen et les résidus à peu près opaques, extrêmement ténus, de végétaux que les Bactériacées n'ont pu détruire.

5° Les analyses de divers Bogheads conduisent à la formule approchée $C^8 H^8$. La transformation de la cellulose $C^6 H^{10} O^5$ en boghead est donc le résultat d'une déshydrogénation partielle, accompagnée d'une désoxygénation complète qu'on pourrait exprimer par la formule suivante :



Tous les produits éliminés sont gazeux et se dégagent dans un certain nombre de fermentations actuelles.

CANNELS

Les charbons désignés sous le nom de Cannels sont assez répandus dans le terrain houiller moyen, mais beaucoup plus rares dans le terrain houiller supérieur. Ils se rencontrent en couches parallèles, quelquefois unies, d'une façon intime, avec la houille qu'elles recouvrent, ou dont elles sont couvertes.

Leur nom leur vient de *Candle* (lumière), à cause de la facilité avec laquelle de petits éclats s'allument en produisant une flamme éclairante et persistante. Les

cannels sont de couleur noire, leur fracture ne présente pas un aspect conchoïde bien prononcé, ils ne sont pas fissiles en cubes comme la houille, mais durs, compacts, et d'un éclat peu prononcé; quelquefois ils présentent assez de ténacité pour être travaillés au tour, sous forme de menus objets, tels que boîtes, encriers, petites coupes, etc., susceptibles d'un assez beau poli et ne tachant pas les doigts.

Les cannels sont employés de préférence aux bogheads à cause de la meilleure qualité de leur coke, pour enrichir les houilles pauvres en gaz. Celles-ci ne donnent guère par tonne que 230 à 255 mètres cubes de gaz; les cannels ont un rendement de 300 à 330 mètres cubes de gaz ayant un pouvoir éclairant double de celui de la houille; les bogheads peuvent atteindre 400 mètres cubes, mais leur coke est friable, sans consistance et déprécie celui de la houille. Les cannels n'ont été remarqués que vers l'année 1856 à la suite de recherches suscitées par la découverte faite en Ecosse, à Bathyate, de gisements de bogheads pouvant donner, par la distillation, des huiles comparables aux pétroles de Rangoun introduites en Angleterre vers l'année 1851. Ces recherches, conduites un peu au hasard, amenèrent la découverte dans le bassin houiller de Leeswood-Green, dans le Flintshire, à 183 mètres de profondeur, d'une couche exceptionnelle, épaisse de 1^m,80, composée de 4 veines superposées pouvant donner des hydrocarbures comparables en abondance et en qualité à ceux fournis par le boghead, selon les veines, celles du milieu étant les plus riches, on peut obtenir par tonne 145 à 360 litres d'huile. Malheureusement ce gisement remarquable ne s'étendait guère que sur une superficie de 24 hectares.

Les gisements de cannels s'ils ne sont pas très étendus sont extrêmement nombreux, le Comté de

Warwick en Angleterre est célèbre sous ce rapport. Nous citerons encore ceux de Lesmahagow, Bryant, Burghlée, Niddrie ; ceux de Consolidation (Allemagne) ; du Kentucky, de l'Ohio, de la N.-Virginie (Etats-Unis d'Amérique) ; de Teberga (Espagne) ; le Splint-Coal de Rive-de-Gier, de Commentry, etc. etc.

Nous avons pu nous procurer, grâce à M. Grand'Eury, Correspondant de l'Institut, de M. Lester Ward, associate curator du Museum national de Washington, de M. Fayol, Directeur général de la Compagnie Commentry Fourchambault, de nombreux échantillons provenant de ces différentes régions. Leur étude assez longue n'est pas encore terminée, nous ferons connaître les résultats que nous avons obtenus dans nos premières recherches.

Nous avons reconnu jusqu'ici trois types :

1° Tantôt les nombreux corps jaunes disséminés dans la matière fondamentale sont constitués par des microspores, macrospores ; les Algues ne s'y rencontrent qu'en petites quantités ou manquent, nous pouvons citer les Cannels anglais Bryant, Burghlée, Niddrie, etc., Teberga, le Splint-Coal de Rive-de-Gier, etc. comme faisant partie du premier type.

2° Tantôt les corps organisés jaunes ou rouge orangé, sont représentés par des spores, des grains de pollen, des macrospores mélangés à des fragments de plantes diverses sans traces d'Algues, canal de Commentry, Mercer Station, etc.

3° Tantôt enfin les éléments organiques complètement dissociés sont devenus méconnaissables, canal de Buena-Vista (Kentucky).

CANNELS ANGLAIS

CANNEL BRYANT

PL. XXI, Fig. 8 à 16 et PL. XXII, Fig. 1 à 11.

Le cannel Bryant se présente sous la forme d'un combustible de couleur noire, terne, dur, tenace, à cassure assez irrégulière non conchoïdale; sur la tranche on remarque de nombreuses veinules noires brillantes, minces, sinueuses, dirigées suivant le plan de stratification, de temps à autre on rencontre des veines plus importantes, formées par des débris de plantes plus volumineux, fragments d'écorces, racines, etc. La densité de ce cannel est 1,231.

Sur une coupe perpendiculaire aux lits de stratification (FIG. 8, PL. XXI), on voit nettement des bandes claires formées d'organismes divers généralement aplatis et allongés dans le sens de la stratification, et des bandes noires à peu près opaques, « matière fondamentale » qui les séparent. Nous allons examiner quelques-uns des organismes qui composent les bandes claires.

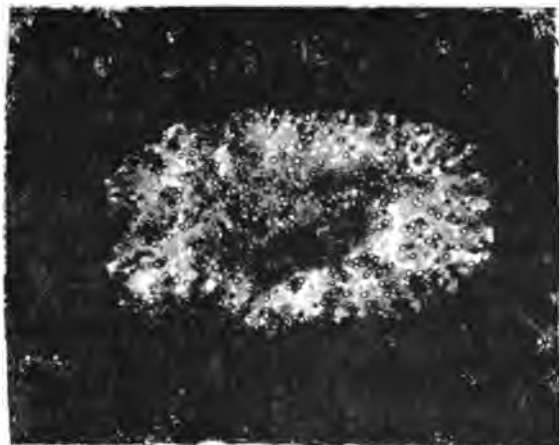
Un petit nombre d'Algues, à section elliptique FIG. 9, résultat de la compression, se distinguent au milieu de ces organismes, leurs dimensions et leur organisation les rapprochent des *Pila scotica*. Les dentelures que l'on remarque sur le contour sont dues aux parois des cellules du thalle, disposées en rayonnant sur un seul rang, la paroi extérieure des cellules est détruite.

Le thalle lui-même est profondément altéré et réduit à l'état d'une pulpe à peu près incolore, au milieu de laquelle on voit de nombreux Microcoques, FIG. 9 et surtout FIG. 22 du texte plus fortement grossie. Les Microcoques ne sont plus en ligne, mais disséminés,

ils mesurent $0,5\ \mu$, le thalle un peu écrasé est elliptique, le grand axe est long de 70 et le petit de $44\ \mu$.

Le nombre des fructifications de *Cryptogames*, macrospores, microspores, spores est très grand dans le cannel Bryant ; nous en décrivons seulement quelques-unes.

FIG. 22.



Pila scotica. Grossi 1100 fois.

Macrospores. — Les macrospores sont en grand nombre et variées, elles affectent des dimensions très différentes. Celle que nous avons représentée (FIG. 23 du texte) mesure $340\ \mu$ environ, il y en a de plus considérables. Les trois lignes radiantes sont limitées par une sorte de bourrelet circulaire dirigé suivant un grand cercle, les bords sont déchiquetés, la surface, rendue rugueuse, sillonnée de dépressions irrégulières dues au travail de Microcoques visibles sous un grossissement suffisant.

Des fragments plus ou moins volumineux de ces enveloppes, sans aucune structure, se rencontrent assez souvent dans la matière fondamentale.

D'autres ont des dimensions beaucoup plus restreintes ; celle qui est représentée en a (Fig. 10, PL. XXI) ne mesure que 47μ , elle ne montre pas de bourrelet équatorial, la surface ne doit ses irrégularités qu'au travail des Bactériacées ; le grossissement n'est

FIG. 23.



Macrospore considérablement grossie.

que de 380 diamètres et cependant on commence à les apercevoir, ils mesurent $0,7\mu$ environ.

Malgré la résistance plus grande des enveloppes des macrospores et des microspores, celles-ci présentent souvent une altération profonde. On voit Fig. 12 un

fragment de macrospore presque complètement détruit; la masse pulpeuse renferme de nombreux Microcoques.

La macrospore de la FIG. 11 mesure $275\ \mu$ de diamètre, elle est munie d'un bourrelet dont la largeur est de $239\ \mu$, les trois lignes radiantes s'étendent jusque vers ce bourrelet, la surface des trois opercules est lisse, mais le reste de la macrospore est recouvert de crêtes saillantes isolées ou disposées en réseau hautes de $8\text{ à }9\ \mu$; la macrospore est profondément altérée par des Bactériacées.

Celle représentée FIG. 14 est plus petite, son diamètre est de $44\ \mu$, sur le côté droit on distingue les trois lignes radiantes, sa surface est marquée de petites punctuations, elle n'a pas de bourrelet.

Quelques-unes ont une surface réticulée, les mailles hexagonales mesurent $5\text{ à }6\ \mu$ de côté, le diamètre de la macrospore est de $44\ \mu$, elles rappellent par leur taille et leur réseau certaines macrospores de *Sphenophyllum* silicifiées de Rive-de-Gier (FIG. 2, PL. XXII).

D'autres fois les macrospores (FIG. 15 et 16, PL. XXI) affectent une forme subtriangulaire; l'espace qui porte les trois lignes radiantes est circonscrit par un bourrelet très net, leur diamètre n'atteint que $33\ \mu$, les opercules *a* (FIG. 16) sont caduques, en *b*, on voit la cavité de la macrospore ouverte, le bourrelet lui-même a disparu, et à sa place en *c*, on distingue une couronne de petites érosions hémisphériques au fond desquelles on distingue avec un grossissement de 1.200 diamètres 1 ou 2 Microcoques. Ces curieuses macrospores sont rares dans le cannel Bryant, elles sont plus communes dans les Cannels-Bogheads russes de l'âge du Culm. (Voir plus haut.)

Les organismes qui sont les plus communs et les plus caractéristiques du premier type de cannel, sont des microspores la plupart du temps isolées, elles

constituent à elles seules près des quatre cinquièmes des corps jaunes ; leur contour est triangulaire et présente deux côtés rectilignes, le troisième est convexe (Fig. 13), leur grande longueur atteint $46\ \mu$ et la petite $33\ \mu$, ces fructifications doivent leur forme à leur groupement originel. En effet, il n'est pas rare de les rencontrer réunies en tétrades (Fig. 13, PL. XXI et Fig. 1, PL. XXII). Elles forment alors une sphère dont le diamètre est de $64\ \mu$, environ. On peut voir sur ces figures grossies 400 fois, les Microcoques, répartis dans les parois et à l'intérieur de la cavité (Fig. 13) ou dans la matière pulpeuse représentant la tétrade (Fig. 1, PL. XXII).

Les grosses macrospores décrites plus haut et les microspores dont il vient d'être question, diffèrent peu par la taille des macrospores et microspores de certaines Lycopodiacées arborescentes, Lépidodendrées entre autres. Ainsi dans le *Lepidostrobus Rouvillei*, les microspores mesurent $41\ \mu$ et $32\ \mu$ et le diamètre d'une tétrade est de $60\ \mu$. Les macrospores du *Lepidostrobus Dabadianus* atteignent $400\ \mu$, mais les microspores des cannelles ont des parois plus épaisses, et les macrospores des Lépidodendrées connues ne présentent ni le bourrelet, ni les ornements de la surface que nous avons mentionnés (1).

ANTHRACOMYCES CANNELLENSIS

Fig. 4 à 10, PL. XXII.

Les enveloppes des différentes fructifications de Cryptogames, telles que spores, microspores, macrospores, les thalles d'Algues ont été souvent envahis par des Champignons microscopiques filamenteux.

(1) Il faudrait en outre tenir compte de la diminution de volume subie par les fructifications des cannelles en se houillifiant.

L'étude de ces Champignons, malgré leur petitesse, est relativement facile quand ils se sont développés dans l'épaisseur des parois de macrospores dont le tissu amorphe homogène et transparent permet d'observer les limites exactes des filaments et leurs ramifications ; dans l'intérieur des Algues, leur étude est presque impossible, on ne sait distinguer les restes de parois des cellules de l'Algue des filaments mycéliens. Il est évident que l'origine de ces Champignons se trouve dans la matière fondamentale et que rencontrant dans les organismes en suspension un milieu plus favorable à leur développement, ils y ont pénétré et s'y sont multipliés ; l'opacité de la matière fondamentale empêche de les y observer, mais la direction de beaucoup de filaments prouve qu'ils en sortent.

Le mycélium est formé de filaments rectilignes ou sinueux, souvent bifurqués, ou émettant latéralement des ramules très courts, terminés fréquemment par une conidie sphérique.

Les filaments sont composés d'articles rectilignes, quelquefois arqués, longs de $2\ \mu$ à $2,9\ \mu$ et larges de $0,85\ \mu$. Les ramules paraissent formés d'un seul article.

Sur la FIG. 4, PL. XXII, on voit à l'intérieur d'un fragment de macrospore transparent, sans structure, des filaments mycéliens plus ou moins longs *b*, formés d'articles ; en *a* et en *c*, se trouvent des petites touffes qui semblent sortir de la matière fondamentale. On ne distingue aucune Bactériacée dans le milieu transparent.

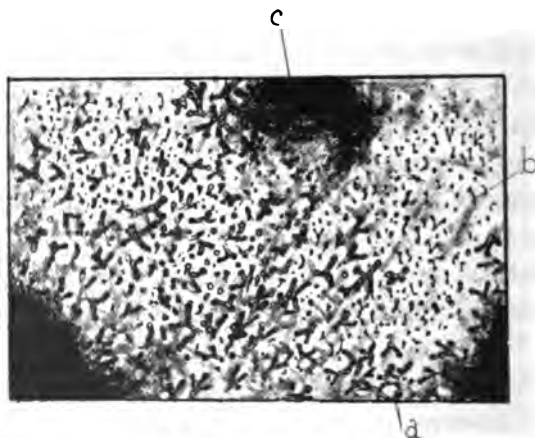
La FIG 5, avec le même grossissement de 1.200 diamètres, montre en *a*, un amas assez important de filaments entrelacés et en *b* des rameaux bifurqués terminés par une conidie. Les FIG. 6 et 7 représentent les fragments de macrospores entourés sur tout leur

contour, de petites touffes plus ou moins ramifiées qui semblent également sortir de la masse fondamentale.

Cette origine est surtout manifeste en a (Fig. 8), le filament mycélien venant de la matière fondamentale se bifurque; l'un des ramules long de $2\ \mu$ se termine par une conidie sphérique, l'autre long de $2,5\ \mu$ se bifurque à son tour et chacune des branches porte également une conidie mesurant $0,8$ à $1\ \mu$. Il en résulte une plantule, haute de 5 à $6\ \mu$, présentant le port d'un *Botrytis carnea* très réduit.

Nous avons désigné sous le nom d'*Anthracomycès cannellensis* ce champignon microscopique; la ramification peut être un peu différente de celle que nous venons de mentionner, et la Fig. 9 montre en a et en b, des variations qu'elle peut présenter; les rameaux longs paraissent stériles, les ramules courts mesurant 2 ou $3\ \mu$ se terminent par des conidies. La Fig. 24, du texte, met cette particularité en évidence.

FIG. 24.



Anthracomycès cannellensis. Gros. $\frac{1000}{1}$.

Fragment de macrospore envahi par l'*Anthracomycès cannellensis*.

Les conidies avaient la propriété de germer à l'intérieur des organismes dans lesquels elles s'étaient formées, et de produire de nouvelles plantules, dont les ramifications s'ajoutant aux dichotomies primitives, donnaient bientôt naissance à un feutrage qui, s'épaississant de plus en plus, finissait par remplir (FIG. 10, PL. XXII) toutes les régions du fragment d'enveloppe attaqué.

Cette dernière figure montre un certain nombre de rameaux dichotomes terminés par une conidie et en même temps beaucoup de sections transversales, circulaires, de ces rameaux mesurant $0,8 \mu$ de diamètre qui pourraient être prises pour des spores d'*Anthracomycetes* ou des Microcoques, si en déplaçant l'objectif du microscope on ne s'assurait que ces sections se continuent au-dessous de la surface.

Dans les fragments de macrospores où se développe l'*Anthracomycetes* on ne découvre pas de Microcoques, peut-être à cause de l'homogénéité du milieu qui rend, comme nous l'avons expliqué, ces organismes invisibles, à cause de la similitude de réfringence. Peut-être aussi parce que le milieu favorable aux Champignons l'était moins pour la multiplication des Bactériacées. Dans les fragments non envahis par le mycélium, les *Cocci* se voient facilement.

Nous avons rencontré l'*Anthracomycetes* ou ses variétés dans les cannel-bogheads du Bassin de Moscou, le boghead Armadale. Il semble avoir contribué pour une large part à la destruction des matières organiques, en s'attaquant indifféremment aux thalles des Algues, dont il rend le tissu cellulaire méconnaissable, et aux enveloppes si résistantes des microspores et macrospores, mais il est vraisemblable que ces Champignons dont les spores existaient dans la matière fondamentale, ne s'installaient dans ces fructifications que

lorsque celles-ci avaient déjà été profondément modifiées par les Bactériacées.

La présence de ces Champignons dans les cannelles implique sans doute des différences sensibles entre les conditions de formation de ces combustibles, et celles qui ont accompagné la production des bogheads.

Le canal Bryant renferme un certain nombre de pinnules de Fougères (Fig. 3, Pl. XXII c), souvent difficilement reconnaissables à cause de la mauvaise direction de la coupe. Si la section est faite perpendiculairement au limbe et à la nervure médiane de la pinnule, on distingue nettement cette nervure et les deux bords du limbe qui s'écartent de la nervure médiane et se relèvent en gouttière de chaque côté. Très rarement nous y avons reconnu des sporanges, la structure du limbe a disparu, à peine si on reconnaît la bande vasculaire qui parcourt la nervure médiane, le tissu est remplacé par une masse pulpeuse qui a été envahie soit par des *Anthracomycetes* soit par des Microcoques.

On rencontre quelquefois des amas de fructifications (Fig. 11, Pl. XXII), de forme arrondie ou elliptique assez mal conservées; les parois épaissies par la macération sont devenues pulpeuses, et renferment des Microcoques, elles ne ressemblent pas aux microspores de Lycopodiniées que nous avons décrites; peut-être est-ce un amas de spores de Fougères.

Les fragments d'épiderme, de tissus fibreux ou vasculaires profondément altérés, ne sont pas rares dans le canal Bryant, ils y forment des bandes de couleur rouge brun qui tranchent au milieu des macrospores, microspores, Algues, de couleur jaune clair, qui forment la masse du combustible; ce sont ces fragments qui produisent les lignes brillantes plus ou moins épaisses que l'on voit sur les cassures du canal.

Avec un peu d'attention on distingue, au microscope, les ornements rayés qui sont sur les parois des vaisseaux.

On peut se demander d'où vient la différence de teinte offerte par les éléments ligneux décomposés, différence que nous avons déjà signalée dans les bogheads, et celle présentée par les fructifications des Cryptogames, et des Algues altérées contenues dans ces deux combustibles. Est-elle due à la différence de composition chimique finale des débris ? à la nature des Bactériacées qui ont produit la décomposition ? Nous verrons que les débris organiques reconnaissables de la houille présentent tous cette couleur rouge brun foncé.

La matière fondamentale suffisamment amincie pour être transparente paraît formée de deux parties ; l'une presque opaque, noire, se présente sous la forme de petits fragments irréguliers, à angles aigus, tenus en suspension pour ainsi dire dans la deuxième qui semble avoir possédé une certaine fluidité puisqu'elle a moulé non seulement les petites esquilles mais encore les différents corps jaunes dont il a été question. Ces petits fragments irréguliers que nous retrouvons dans la matière fondamentale des cannels ont déjà été rencontrés dans celle des bogheads. Nous pensons que ce sont des débris de parois de cellules et de vaisseaux peut-être attaqués par le *Micrococcus Carbo* et amenés à l'état de houille opaque, débris qui seraient restés en suspension dans le produit d'altération des fructifications de Cryptogames et des Algues sous l'influence du *Micrococcus petrolei*, produit moins opaque et plus fluide.

CANNEL BURGHLÉE

Le Cannel Burghlée est un combustible à cassure irrégulière non conchoïdale, dont le grain ne présente pas la finesse du cannel Bryant. Il est peu tenace, le fragment que nous avons étudié était de couleur noire, terne, non parcouru par des veinules brillantes dues à la présence de quelques débris plus considérables de végétaux. Il brûle moins bien que le cannel Bryant, sans subir de ramollissement bien sensible. Il contient une assez forte proportion de fructifications de Cryptogames, mais pas de Pilas.

Les microspores sont de plusieurs espèces, les unes ont une forme elliptique, la grande longueur atteint $53\ \mu$ et la petite $35\ \mu$.

Les tétrades sont assez fréquentes, les unes mesurent $39\ \mu$ avec microspores à surface lisse, les autres $46\ \mu$ avec microspores à surface couverte d'aspérités. Quelques-unes atteignent des dimensions plus considérables, $70\ \mu$, par exemple. Les microspores ont $34\ \mu$ suivant leur largeur et $42\ \mu$ suivant leur longueur, la surface est nettement chagrinée.

Les fragments de macrospores de grande taille se rencontrent en petite quantité, la plupart ont été envahis par l'*Anthracomycetes cannellensis*. Ce cannel, comme nous l'avons dit, ne contient pas d'Algues.

CANNEL NIDDRIE

Ce Cannel présente à peu près le même aspect que le précédent, cependant la cassure est moins rugueuse, et on y voit de minces lamelles brillantes. Nous y avons rencontré des microspores mesurant 39 et $46\ \mu$ suivant leur largeur et leur longueur, des tétrades ayant un diamètre de $62\ \mu$, et quelques rares *Pila scotica* de

forme elliptique, le grand axe ayant $79\ \mu$ et le petit axe $53\ \mu$.

Les fragments de grosses macrospores que l'on y remarque renferment des mycéliums d'*Anthracomyses*.

CANNEL NEUF ATTLE

Combustible à structure homogène, tenace, présentant à la cassure sub-cubique, un grain fin, sans interposition de lamelles brillantes, brûlant facilement avec une flamme éclairante un peu fuligineuse, se ramollissant notablement par la chaleur.

Les fructifications les plus fréquentes que l'on y rencontre sont : des microspores libres sensiblement circulaires, mesurant, les uns $44\ \mu$, les autres $53\ \mu$ de diamètre.

Des tétrades larges de $35\ \mu$, $44\ \mu$, $60\ \mu$, en assez grand nombre. Les Algues y sont représentées en petite quantité par des *Pila scotica* dont le diamètre moyen est de $53\ \mu$.

Les Microcoques se distinguent facilement au milieu de la pulpe amorphe de la plupart des organismes végétaux que nous venons de citer. La matière fondamentale ne renferme qu'une petite quantité de débris opaques, aussi se montre-t-elle assez translucide.

CANNEL CONSOLIDATION (Allemagne).

Combustible à cassure d'un faible brillant, non conchoïdale, ne présentant qu'un petit nombre de lamelles brillantes, brûlant facilement mais ne se ramollissant que faiblement.

Les préparations ne s'éclaircissent que difficilement à cause des nombreux débris opaques tenus en suspension dans la matière fondamentale. On y remarque des microspores triangulaires longues de $26\ \mu$ et larges

de 21, d'autres qui mesurent $35\ \mu$ et $26\ \mu$. Des microspores arrondies ayant 30 à $35\ \mu$ de largeur. Il n'y a pas d'Algues. Ce qui domine, ce sont des portions plus ou moins complètes de grosses macrospores, mesurant $708\ \mu$ de diamètre, les trois lignes de déhiscence se continuent au-dessous de la macrospore par une arête saillante haute de $212\ \mu$, mais l'une des particularités les plus curieuses est l'existence, suivant le plan de l'équateur, d'une sorte de collerette large de plus de $160\ \mu$ soutenue par des côtes mesurant $24\ \mu$ de largeur. Ces côtes peuvent quelquefois rester isolées par la destruction de la membrane qu'elles soutenaient et ressembler vaguement à des pseudopodes. A cause de la configuration curieuse de cette macrospore, nous lui donnerons le nom de *Macrosporites insignis*.

CANNEL LESMAHAGOW (Angleterre).

Combustible tenace, à cassure irrégulière, d'aspect homogène, ne présentant pas de bandes brillantes intercalées. Brûle avec facilité, en se ramollissant. Il donne une quantité de gaz supérieure à celle de beaucoup de cannelons tels que ceux d'Arniston, Niddrie, Skaterigg, etc.

On reconnaît dans les préparations les fructifications suivantes :

Des microspores circulaires larges de $35\ \mu$, des microspores triangulaires équilatérales ayant $35\ \mu$ de côté, des macrospores dont le diamètre est de $44\ \mu$, des tétrades mesurant $62\ \mu$, $70\ \mu$, $78\ \mu$, quelques spores, et un petit nombre de *Pila scotica*. La matière fondamentale est peu chargée de débris opaques, par conséquent peut devenir translucide.

CANNEL D'ARNISTON (Angleterre).

Ce Cannel est compact, tenace, à cassure irrégulière assez terne, ne présentant que rarement des lames brillantes intercalées. Il brûle sans se ramollir sensiblement. Il contient des microspores triangulaires longues de $44\ \mu$ et larges de $35\ \mu$; des microspores arrondies larges de $34\ \mu$; des tétrades mesurant $61\ \mu$ de diamètre, les microspores qui les composent sont munies sur leurs bords d'une sorte de bande élastique; des macrospores de petite taille, larges de $40\ \mu$. Les grosses macrospores y sont très nombreuses et beaucoup de fragments contiennent des *Anthracomycetes* disposés en bouquets de forme sphérique; quelques Pilas.

CANNEL SKATERIGG

Ce combustible est compact, tenace, sa cassure est irrégulière, assez terne, sillonnée de veinules brillantes assez nombreuses, se ramollit peu en brûlant. Les fructifications les plus nombreuses sont encore des microspores arrondies mesurant 30 à $35\ \mu$; des microspores triangulaires équilatérales de $44\ \mu$ de côté et leurs tétrades larges de $84\ \mu$, les microspores sont munies de bandes élastiques; des macrospores mesurant $53\ \mu$. On y remarque beaucoup de fragments de grosses macrospores envahies par l'*Anthracomycetes*. La matière fondamentale contient une assez forte proportion de menus débris opaques.

CANNEL DE TEBERGA

PL. XXII, FIG. 14 à 18.

Nous devons à l'obligeance de M. Grand'Eury d'assez nombreux échantillons des différentes parties de la couche de Cannel de Teberga (Espagne). Ce combustible

remarquable est noir, sa cassure non conchoïdale a un brillant satiné très fin, il est dur, compact, se pulvérise assez facilement et donne une poudre brun foncé ; il s'allume sans difficulté, il brûle avec une flamme éclairante fuligineuse, et se ramollit comme certains bogheads par la chaleur. Nous nous réservons de faire une étude plus complète de ce combustible.

Sur une coupe perpendiculaire aux bancs de stratification (FIG. 14 et 15, PL. XXII), on voit les corps jaunes allongés dans le sens horizontal, par la compression, disposés en lits à peu près horizontaux, cette disposition est plus apparente sur la FIG. 15 que sur la FIG. 14 qui est moins riche en corps jaunes. Ces corps jaunes sont formés comme dans les autres cannelés d'enveloppes de fructifications de Cryptogames, d'Algues, de fragments de feuilles de Fougère et de Lycopodiacées.

Les microspores sont nombreuses et de différentes formes, les unes sont arrondies à parois épaisses, larges de $42\ \mu$, la cavité ne mesurant que $31\ \mu$.

Les autres sont exactement triangulaires, la hauteur du triangle équilatéral extérieur qu'elles forment est de $36\ \mu$, sur le côté convexe on remarque une portion d'anneau qui rappelle celui que nous avons signalé sur les microspores du *Lepidostrobis rhodumense*. Cette portion d'anneau jointe aux deux portions semblables de deux microspores voisines, formait, quand elles étaient réunies en tétrade, un anneau complet destiné à les disperser et à déchirer leur enveloppe.

D'autres, subtriangulaires, présentent suivant leur grande longueur $43\ \mu$ et leur largeur $27\ \mu$, leurs parois sont épaisses et la cavité centrale de petite dimension ; ce sont les plus communes, FIG. 17 c, FIG. 18 a.

Les macrospores ont une taille assez faible, nous n'en avons rencontré que très peu ayant les dimensions comparables à celles du cannel Bryant. Les plus

communes ne mesurent que $31,5 \mu$. Les trois lignes radiantées ne sont pas limitées par un bourrelet, la surface est lisse.

Une autre variété mesure 36μ de diamètre, la surface est finement réticulé. De même que dans toutes les fructifications précédentes réduites à l'état pulpeux, on y rencontre de nombreux Microcoques.

Les Algues sont en petite quantité, elles rentrent dans le genre *Pila*. L'une des espèces varie entre 36 et 80μ de diamètre, les cellules prismatiques qui composent le thalle, disposées sur un seul rang, mesurent 12μ , leur cavité 9μ suivant la longueur, leur largeur est de 4μ , les parois sont minces, leurs dimensions rappellent les *Pila scotica*.

PILA LUSITANICA n. sp.

La deuxième espèce diffère de la précédente par sa taille plus petite et par l'épaisseur plus grande des parois. Sa forme est parfaitement sphérique *a*, *a* FIG. 17, on la rencontre, par groupe, au milieu des microspores *b*, *c*, présentant des dimensions fort différentes; en effet suivant le nombre de cellules qui composent le thalle, on trouve les dimensions 9μ , 18μ , 27μ et 36μ . La largeur des cellules est de $4,5$. La première de ces dimensions se rapporte à un thalle composé de 4 cellules et rappelle beaucoup les thalles des *Thylax* de même âge, mais dans les thalles plus volumineux, 36μ par exemple, nous n'avons pu découvrir dans l'épaisseur de solutions de continuité du thalle, mettant la cavité interne en communication avec l'extérieur.

Cette espèce, que nous désignerons sous le nom de *Pila lusitanica*, diffère du *Pila scotica* par ses dimensions qui sont plus petites; ses cellules qui mesurent 6 à 7μ de longueur et $4,5$ de largeur sont également de plus faibles dimensions. Elle se rapprocherait davan-

tage du *Pila Karpinskyi*, mais la différence de niveau nous porte à en faire une espèce spéciale, caractérisée par la fréquence des thalles formés d'un très petit nombre de cellules (quatre), par l'exiguïté en longueur des cellules et l'épaisseur de leurs parois.

Il n'est pas rare de rencontrer des thalles qui au lieu de présenter une forme sphérique, sont plus ou moins allongés, recourbés en crochet à leur extrémité, mais nous ne pouvons affirmer que ces formes plus développées que les thalles globuleux ne sont pas dues à des déformations accidentelles.

Les Microcoques sont nombreux dans les différentes fructifications que nous venons d'énumérer, souvent ils atteignent $0,9\ \mu$, beaucoup ne mesurent que $0,5\ \mu$. Nous n'avons trouvé aucune trace d'*Anthracomyces*, mais il arrive souvent que les fragments de grosses macrospores ou d'autres fragments végétaux paraissent complètement occupés par des chaînettes de Microcoques figurant des Streptocoques longs de 4 à $5\ \mu$, les Cocci ou les spores qui les composent mesurent $0,7\ \mu$.

D'autres débris se rencontrent encore dans le cannel de Teberga; ce sont des fragments de feuilles de Fougères, des ramules à ramification dichotome qui pourraient se rapporter à quelque Lycopodinée.

La matière fondamentale ne renferme pas ou renferme très peu de fragments irréguliers, noirs, opaques, si communs dans la plupart des cannels, aussi a-t-elle conservé une transparence assez grande pour qu'on puisse y observer des Bactériacées. Si dans les Fig. 14 et 15 la matière fondamentale paraît noire, c'est que la couleur rouge brun qu'elle possède l'a empêchée d'agir sur la plaque photographique.

CANNELS AMÉRICAINS

CANNELTON (Nouvelle-Virginie).

Le Cannel de Cannelton est un combustible noir, à grain très fin, homogène, rarement traversé par des bandes noires brillantes ; sa cassure est conchoïdale, un peu luisante. Il se réduit assez facilement en poudre de couleur brun foncé. Il brûle avec flamme éclairante, fuligineuse. Chauffé vers trois cent cinquante degrés, refroidi et brisé, les fractures montrent au microscope une multitude de points ayant subi une fusion marquée.

Ce cannel est très riche en corps jaunes, ils appartiennent à des fructifications de Cryptogames dont nous citerons quelques-unes.

Les microspores triangulaires que nous rapportons à des Lycopodinéés sont moins fréquentes que dans les autres cannels, suivant leur grande longueur elles mesurent $39\ \mu$ et suivant leur petite largeur $28\ \mu$; sur l'un des côtés on aperçoit quelquefois une portion d'anneau, la tétrade offre $61\ \mu$ de diamètre (Fig. 1, Pl. XXIII). Les microspores circulaires sont plus nombreuses, leur largeur est de $43\ \mu$, la cavité centrale offre $20\ \mu$ et l'épaisseur des parois $10,6\ \mu$.

On rencontre quelques macrospores avec leurs trois lignes radiantes sans bourrelet équatorial mesurant $44\ \mu$ de largeur.

Ce qui domine, ce sont des fructifications qui semblent se rapporter à des Fougères ; en effet on trouve disséminé dans la matière fondamentale un nombre assez grand de corps sphériques mesurant $17\ \mu$ de diamètre, lisses à la surface, accompagnés de sporanges larges de $44\ \mu$ munis d'un anneau complet, qui paraît être équatorial

comme dans les Hyménophyllacées, les cellules de l'anneau évidemment rétractées ne mesurent que 4 à 5 μ de largeur. Ces sporanges sont fréquents et on peut leur rapporter les nombreuses spores qui les entourent, il est probable qu'ils appartiennent à quelque Sphénoptréidée de l'époque.

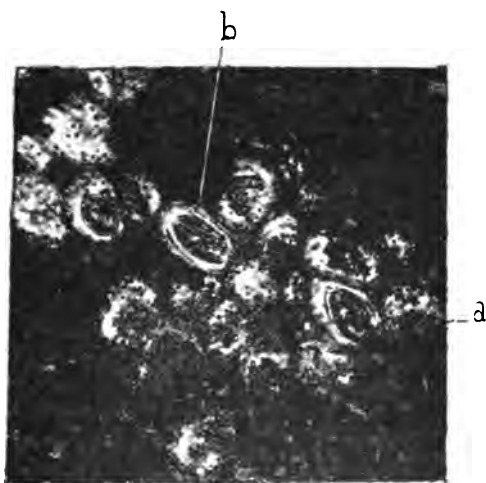
Mais il n'y a pas que les Hyménophyllacées qui paraissent être représentées dans ce cannel; la Fig. 13, PL. XXII, montre en a, un fragment de pinnule coupée perpendiculairement au limbe et de chaque côté de la nervure des sporanges ovoïdes encore en place; suivant leur grand axe ils mesurent 35 μ et suivant le petit 23 μ ; les sporanges sont sans anneau, ils sont ouverts pour la plupart suivant une ligne longitudinale rappelant le mode de déhiscence des sporanges d'Angiopteris. On peut objecter que les sporanges fossiles sont beaucoup plus petits que les sporanges des Angiopteris, mais nous avons démontré que les tissus végétaux en se transformant et en perdant de leur substance diminuaient aussi beaucoup de volume, la diminution est en rapport avec le degré d'altération des organes, nous verrons plus loin que la diminution de volume d'une cellule peut atteindre les $\frac{19}{20}$ du volume primitif.

D'autres sporanges appartenant à la même Famille de Fougères se rencontrent quelquefois par groupes plus ou moins nombreux (Fig. 12, PL. XXII et Fig. 25 du texte); les sporanges sont ellipsoïdaux, le grand axe mesure 23 μ , le petit axe 17,7. La déhiscence se fait par une fente longitudinale, les parois sont beaucoup plus épaisses que dans l'exemple qui précède; il est possible que ces deux sortes de fructifications constituent deux espèces différentes, mais on conçoit que l'état d'altération sous lequel elles se présentent ne permette pas d'être affirmatif à cet égard.

Les Bactériacées sous forme de Microcoques sont disséminées dans l'épaisseur des parois de ces fructifications.

Les Algues sont très rares dans le cannel en question, nous n'en avons rencontré que deux exemplaires ; l'un avait une forme elliptique longue de $63\ \mu$ et large de $35\ \mu$, l'autre est sphérique et présente un diamètre de $26\ \mu$, toutes les deux paraissent appartenir au genre *Pila*.

FIG. 25.



Sporanges de Fougères marattioides.

a, Sporange en partie détruit par les Bactériacées ; *b*, Sporange ouvert, on y distingue, ainsi que dans ceux qui sont dans le voisinage, de nombreux Microcoques.

La matière fondamentale ne renferme qu'un petit nombre de débris microscopiques opaques, elle est de couleur rouge brun, plus ou moins foncé ; on y distingue, çà et là, des fragments de macrospores de grande taille, aucun n'a été envahi par des *Anthracomycetes*, en outre on y rencontre quelques débris de faisceaux vasculaires, portant encore des ornements rayés.

CANNEL DE NATZ-CREEK (Kentucky).

Le Cannel de Natz-Creek est noir, brillant, à cassure cubique, marquée de nombreuses bandes brillantes, la pâte est beaucoup moins homogène que celle des cannelés précédents, il donne une poudre brun foncé, brûle avec une flamme moins abondante, moins fuligineuse sans se ramollir.

Ce cannel renferme un nombre considérable de macrospores de grande taille (Fig. 2, Pl. XXIII, a) pouvant atteindre $900\ \mu$, marquées de trois lignes de déhiscence saillantes se prolongeant en crêtes recouvertes d'aspérités. La surface de la macrospore est rugueuse, parfois munie dans la région équatoriale d'appendices qui rappellent certains pseudopodes, les parois sont épaisses, sans structure, nous n'avons pu y découvrir de filaments mycéliens, mais presque toujours des corps sphériques mesurant $0,7$ à $0,8\ \mu$ que nous regardons comme des Microcoques.

Les microspores s'y rencontrent en grande quantité généralement libres. Les unes presque circulaires ont $35\ \mu$ de diamètre avec une cavité sensiblement trigone, large de $17,7\ \mu$, les parois sont épaisses et montrent une couronne de punctuations. D'autres sont franchement trigones à parois épaisses et atteignent $53\ \mu$; d'autres enfin, ont leurs parois plus minces, mesurent $40\ \mu$ de longueur et $23\ \mu$ de largeur. Quelques-unes sont encore groupées en tétrade large de $35\ \mu$, les microspores qui les constituent n'ont que $23\ \mu$ dans leur plus grande longueur et $17\ \mu$ dans leur plus grande largeur.

Nous avons rencontré un assez grand nombre de spores sphériques mesurant $26\ \mu$ de diamètre; des sporanges de Fougères à anneau équatorial complet larges de $39\ \mu$; d'autres sporanges de forme ellipsoïdale, sans anneau, le grand axe ayant $35\ \mu$, ce sont les mêmes

sporangies que nous avons déjà signalés dans le canal de Cannelton.

Les Algues doivent être très rares dans ce canal, car nous n'avons rencontré aucun thalle dans nos préparations.

CANNEL DE MERCER STATION (Kentucky).

Le canal de *Mercer station* a une cassure cubique, noire, brillante, comme celle de la houille, mais sans intercalation de bandes ternes. Les bandes brillantes provenant de la houillification de pétioles, de tiges, etc., sont à peine distinctes les unes des autres et séparées rarement par de minces couches plus ternes de matière fondamentale.

Il est facile à pulvériser, la poudre en est brun foncé, il brûle facilement avec une flamme claire, un peu fuligineuse, les fragments qui ont été chauffés subissent un ramollissement et une fusion partielle.

Les macrospores s'y rencontrent en petit nombre, celles que nous avons observées avec leurs lignes de déhiscence mesuraient $389\ \mu$, la surface était lisse, sans bourrelet et sans appendices.

Les microspores sont très rares. Dans l'échantillon que nous avons étudié, nous n'avons rencontré ni microspores ni algues, ce canal rentre par conséquent dans la deuxième catégorie dont nous nous occupons plus loin, et qui appartient à une époque plus récente. Les fructifications de Fougères y sont assez fréquentes sous la forme de spores ellipsoïdales ayant $23\ \mu$ suivant le grand axe et $17\ \mu$ suivant le petit.

Des sporangies à minces parois se trouvent assez fréquemment, ils ont une forme ellipsoïdale, mesurent $40\ \mu$ de longueur et $30\ \mu$ de largeur. Quelquefois ils sont ouverts et laissent voir 7 ou 8 spores sphériques mesurant $12\ \mu$.

Mais les portions de végétaux les plus nombreuses sont des fragments de tissus ligneux appartenant à des tiges ou à des rameaux peut-être de Fougères. La Fig. 3, Pl. XXIII, montre une section horizontale parallèle à la stratification, passant par une portion de tissu ligneux ; en a, se trouve du parenchyme formé de cellules rectangulaires isodiamétrales ; en b, des files de cellules allongées également rectangulaires de couleur plus foncée, sans doute des cellules à gomme, enfin en c, une de ces mêmes cellules complètement remplie de Microcoques, ces organismes du reste sont disséminés dans toutes les parties du tissu, mais visibles plus spécialement à la place des membranes communes ; çà et là on rencontre des bandes de vaisseaux rayés (1).

BOGHEAD DE BEAVER DAM (Kentucky).

Nous complétons ici l'étude commencée, à l'article boghead au sujet de ce combustible. Il est compact, homogène à grain très fin, à cassure luisante, ne présentant pas de bandes noires brillantes correspondant à des portions de plantes étrangères : écorces, feuilles, etc., brûlant facilement avec flamme fuligineuse, se ramollissant par la chaleur produite par la combustion ; il ressemble extérieurement aux bogheads formés par de très petites Algues, comme le boghead Armadale.

Les macrospores sont très rares, nous n'en avons observé que des débris insignifiants ; les microspores sont plus nombreuses ; elles sont trigones, équilatérales et mesurent $31\ \mu$ de hauteur, d'autres sont presque circulaires et leur diamètre est de $35\ \mu$ environ.

Mais les organismes qui dominent sont des Algues

(1) Il se pourrait que ces tissus ligneux fussent les restes de pétioles d'*Alethopteris*.

dont la grande majorité ainsi que nous l'avons dit rentrent dans le genre *Pila* (Fig. 4, Pl. XXIII). Les thalles moyens non déformés mesurent 40 à 53 μ de diamètre; les cellules sont longues de 10 à 12 μ et larges de 4 à 5 μ . Les Algues sont souvent réunies par groupe, et unies intimement entre elles, elles pouvaient donc se reproduire par bourgeonnement comme les *Pila bibractensis*, mais il y avait en même temps, comme chez le *Pila lusitanica*, un autre mode de reproduction car on rencontre des thalles mesurant 8,5, 16 μ composés de 4 ou 8 cellules.

Les coupes montrent quelquefois des sections de feuilles uninerviées, normales au limbe, la largeur de la feuille est de 185 μ et son épaisseur de 26 μ .

Il nous est impossible de rapporter à aucune feuille connue des feuilles d'aussi petites dimensions, même en tenant compte de la diminution de volume considérable qu'elles ont subie; il en est de même des fructifications cylindriques à parois épaisses s'ouvrant longitudinalement; quand elles sont ouvertes elles mesurent 160 μ de largeur, elles contiennent un nombre assez considérable de spores ou de microspores n'ayant que 12 μ de diamètre.

Le boghead que nous venons de décrire en quelques mots nous a été adressé comme un Cannel, mais la prédominance des Algues sur les fructifications de Cryptogames qui ne s'y rencontrent qu'en proportion assez minime, nous a décidé à le ranger parmi les bogheads; l'Algue qui le caractérise est un *Pila* dont la taille est inférieure aux *Pila bibractensis*, *P. scotica*, il se rapprocherait du *P. lusitanica* par la petitesse de ses cellules, et par les différentes phases de grandeur que les thalles présentent dans leur jeunesse, phases que l'on peut facilement observer. Toutefois comme nous n'avons pas eu en main un nombre suffisant d'échantil-

lons pour conclure à une identité, surtout quand il s'agit de deux combustibles différents et fort éloignés l'un de l'autre, comme gisement, nous avons préféré désigner cette Algue sous le nom spécifique, provisoire s'il y a lieu, de *Pila kentuckyana*.

CANNEL DAVIS CREEK (Nouvelle-Virginie).

Le petit fragment que nous avons reçu ne présentait pas de cassure conchoïdale, il semble plutôt se diviser en lamelles, la tranche montre des bandes brillantes très minces, correspondant à des fragments de plantes plus volumineuses que celles qui forment la masse du cannel, il brûle avec facilité et se ramollit par la chaleur. Le fragment en question renferme une certaine quantité de pyrite, qui s'oxyde à l'air et détermine son effritement.

Les microspores sont nombreuses, les unes sont triangulaires, équilatérales et mesurent 31,8 de largeur, les autres sont circulaires, leur diamètre est de 35 μ .

Les deux espèces ont une paroi épaisse, la cavité est large de 12 μ .

Les Algues y sont assez rares; l'une des formes rentre dans le genre *Pila*, elle est elliptique, longue de 44 μ et large de 26 μ . L'autre constitue une espèce nouvelle que nous décrivons ci-dessous.

CLADISCOTHALLUS WARDI

FIG. 5 à 7 PL. XXIII

L'Algue que nous désignons sous le nom de *Cladiscothallus Wardi* est discoïde, étalée dans un seul plan, mesure 81 μ de diamètre, et se compose de plusieurs rameaux, 8 ? partant d'un centre commun; chacun des rameaux, à une distance de 18 à 20 μ de son point de départ, se sépare en deux branches qui restent indivises ou se séparent de nouveau presque à leur extrémité,

cette bifurcation n'est indiquée que par une légère échancrure de cinq à six μ de profondeur, les branches des bifurcations ont en moyenne 8 μ de largeur, les rameaux et les ramules sont formés de cellules placées bout à bout, courtes, rappelant celles des *Cladiscothallus Keppeni*.

Cette nouvelle espèce diffère du *Cl. Keppeni* des Cannels-Bogheads russes par la disposition des rameaux dichotomes qui sont étalés en un seul plan, au lieu d'être en touffe; par les dimensions beaucoup plus faibles du thalle et des cellules qui le composent.

Le plus souvent le corps de l'Algue est réduit à l'état de pulpe, on y distingue de nombreux microcoques quelquefois alignés suivant les membranes moyennes.

On observe assez souvent dans le même cannel des sections de pinnules de Fougère qui rappellent par leur forme et leurs restes de poils occupant la face inférieure les feuilles d'*Alethopteris*.

Sur une coupe transversale, se voit la nervure médiane assez accusée, les deux bords de la feuille sont repliés en forme de gouttière, et recouvrent des restes de poils, en même temps que des corps ovoïdes qui pourraient être des sporanges. La distance des bords extrêmes de la pinnule est de 194 μ , l'épaisseur du limbe de 10 μ , les corps ovoïdes mesurent 46 μ suivant le grand axe et 26 suivant le petit. Ces dimensions sont beaucoup plus petites que celles des feuilles d'*Alethopteris* conservées par la silice (1), mais nous avons déjà fait remarquer qu'en perdant de leur substance, les matières organiques végétales diminuaient considérablement de volume.

(1) *Cours de Botanique fossile*, 1883, p. 159 et suivantes.

CANNEL DE HUNNEWELL (Kentucky).

Combustible noir, terne, à cassure lamellaire, montrant sur la tranche des bandes brillantes provenant de la houillification de fragments de plantes plus ou moins volumineux, brûlant avec une flamme peu fuligineuse, se ramollissant légèrement par la chaleur.

Les principales fructifications généralement isolées qu'on y découvre, sont des microspores triangulaires équilatérales mesurant $50\ \mu$ de côté, la cavité centrale offre $26\ \mu$ de diamètre. D'autres encore sont disposées en tétrades larges de $53\ \mu$, les microspores qui constituent les tétrades ont $26\ \mu$ d'épaisseur. On rencontre, en moins grand nombre : des macrospores dont le diamètre est de $70\ \mu$, la surface est ornée d'un réseau assez épais, les mailles mesurent $14\ \mu$ de diamètre, peut-être est-ce des macrospores de *Sphenophyllum* : des spores appartenant à des Fougères, à surface lisse, rondes, ayant $44\ \mu$ de diamètre : des pinnules de Fougères coupées transversalement, quelquefois alignées horizontalement comme si la coupe avait rencontré plusieurs de ces organes encore attachés à une penne. Nous n'avons pas rencontré d'Algues.

Les macrospores de grandes dimensions n'y sont qu'en rares fragments ; ils n'ont pas été envahis par des Champignons, mais par des Microcoques qui souvent sont disposés en chaînettes.

La matière fondamentale est obscurcie par un assez grand nombre de débris extrêmement petits, opaques.

CANNEL DE GEORGES BRANCH (Kentucky).

Combustible ressemblant beaucoup au précédent par sa cassure, présentant quelques lamelles brillantes sur la tranche, et quelques mouches mates et ternes sur la face parallèle à la stratification. Mais il brûle plus

facilement et avec plus d'éclat, le ramollissement qu'il éprouve par la chaleur est aussi plus grand.

Les microspores triangulaires mesurent, suivant leur grande longueur, $35\ \mu$ et $23\ \mu$ suivant leur largeur.

Les spores sont assez nombreuses, leur diamètre est de $26\ \mu$.

Les *Pilas* y sont très communs, quand ils ne sont pas déformés ils atteignent en projection horizontale $58\ \mu$, les cellules qui composent le thalle ont $8\ \mu$ de longueur et $5\ \mu$ de largeur.

C'est probablement à la présence de ces Algues que ce cannel Branch doit une meilleure combustibilité, et une plus forte proportion de matière fusible par la chaleur.

CANNEL MAGOFFIN Co. (Kentucky).

Combustible assez fragile, à cassure cubique, brillante comme celle de la Houille, mais ne présentant que rarement des bandes ternes intercalées, assez semblable au cannel de Mercer-station, brûle facilement avec une flamme fuligineuse et se boursoufle en brûlant.

Les microspores ne paraissent pas exister dans ce cannel. On y rencontre des spores dont le diamètre est de $26\ \mu$ appartenant sans doute à des Fougères, des sporanges sans anneau, longs de $53\ \mu$ et larges de $35\ \mu$, quelquefois ouverts longitudinalement.

Plus rarement on voit des macrospores mesurant $70\ \mu$ dont la surface est finement granulée.

La matière fondamentale est transparente, de couleur rouge brun, elle contient de nombreux débris de tissus cellulaire et vasculaire, qui ont conservé des traces d'ornements, mais très peu de menus débris microscopiques opaques. Les Microcoques y sont visibles en grande quantité. Ce cannel doit faire partie du 2^e groupe comme celui de Mercer station.

CANNEL CANEY CREEK (Kentucky).

Combustible de même aspect extérieur que le canal de Hunnewell, cependant moins lamellaire, remarquable par l'abondance des microspores qui sont ou triangulaires ou rondes.

Les microspores triangulaires, arrondies aux angles, ont $35\ \mu$ dans leur plus grande longueur et $31\ \mu$ suivant leur largeur. On les rencontre souvent réunies en tétrades larges de $70\ \mu$.

D'autres tétrades plus petites se voient également, elles ne mesurent que $44\ \mu$, les microspores n'ont que $20\ \mu$ de largeur ; leur surface est finement chagrinée. Nous n'avons pas observé de grosses macrospores, ni d'Algues. La matière fondamentale est peu transparente à cause des corpuscules microscopiques opaques qu'elle contient.

CANNEL BLACKWATER CREEK (Kentucky).

Combustible de couleur noire, se délitant en feuillets par son exposition à l'air, à cassure compacte, non conchoïdale, homogène, présentant çà et là des lamelles brillantes provenant de végétaux plus ou moins volumineux intercalés, entre autres, des *Stigmaria ficoïdes* munis de leurs appendices.

Il brûle avec une flamme un peu fuligineuse sans se boursoufler.

Les macrospores et les Algues ne s'y montrent que très rarement. Les fructifications les plus fréquentes sont des microspores triangulaires équilatérales, mesurant $35\ \mu$, d'autres qui sont circulaires ayant un diamètre de $44\ \mu$; on y rencontre aussi des tétrades mesurant $43\ \mu$ et $63\ \mu$. La matière fondamentale est foncée et contient des fragments d'épiderme et de

cuticules. Le canal Blackwater Creek se rapproche beaucoup du canal Caney Creek.

CANNEL DE BUENA VISTA (Kentucky).

Ce Cannel possède une cassure lamellaire ; entre les lamelles, il se trouve fréquemment des empreintes de feuilles à nervures parallèles (Cordaïtes ?), des fragments de tiges striées longitudinalement comme celles des Calamites ; ces empreintes sont accompagnées d'un dépôt ocracé provenant sans doute de l'oxydation de la pyrite qui se trouve en petite quantité dans la masse.

Il brûle facilement et se ramollit notablement par la chaleur. On ne rencontre dans les préparations à l'intérieur des lamelles schisteuses ni macrospores, ni microspores, les Algues font également défaut, on ne remarque que quelques fragments de bois, dont les vaisseaux ont conservé des traces d'ornements rayés.

La masse de l'échantillon que nous avons étudié ne renferme donc que de la matière fondamentale de couleur rouge brun et quelques traces de tissus ligneux ; de temps à autre on rencontre des fragments irréguliers, jaunâtres, sans traces de structure, peut-être des fragments de macrospores, remplis de Microcoques. Au milieu de la matière fondamentale se trouvent de nombreux grains de poussières minérales opaques amorphes quelquefois d'aspect cristallin.

Ce canal se distingue de tous les précédents par l'absence de fructifications ; il ne contient essentiellement que de la matière fondamentale et quelques traces de tissus ligneux. Peut-être, l'échantillon que nous avons reçu n'est-il qu'un accident de dépôt, toutefois nous avons cru devoir le signaler et former une troisième classe de Cannels, laissant aux travaux futurs le soin de la maintenir ou de la faire disparaître.

BOGHEAD LITTLE LAUREL CREEK (Kentucky).

Combustible, homogène, très tenace, à cassure conchoïde, de couleur noire, d'un faible éclat satiné, traversé par des lames brillantes très minces parallèles à la stratification. Des *Stigmaria* aplatis, encore munis de leurs appendices, se rencontrent assez fréquemment dans ce combustible ; il brûle facilement avec une flamme éclairante un peu fuligineuse et en se ramollissant comme les bogheads par la chaleur.

Les préparations montrent quelques tétrades offrant 45 à 50 μ de diamètre, les microspores triangulaires ont de 22 à 25 μ de largeur :

Des microspores à peu près oïliques mesurant 26 μ suivant le grand axe et 35 μ suivant le petit :

Des macrospores dont le diamètre est de 35 μ environ ; la surface est munie d'un réseau très apparent dont les mailles hexagonales ont 5 μ de largeur.

Mais ces fructifications de Cryptogames sont en très petite quantité comparativement aux thalles de Pîlas ; ceux-ci se présentent sous la forme de sphères quand ils n'ont pas été écrasés, souvent ils sont aplatis et elliptiques, les thalles moyens ont une longueur de 44 μ et une épaisseur de 35 μ , les cellules ne mesurent que 7 à 8 μ suivant leur grande direction et 4 μ suivant leur largeur.

Nous considérons le combustible fossile de Little Laurel Creek comme un boghead et non comme un Cannel, à cause de la prédominance très marquée des Algues sur les fructifications de Cryptogames.

La matière fondamentale est chargée d'une certaine quantité de poussières organiques noires indéterminables, elle est translucide, jaune, dans les points qui en sont dépourvus ; on y rencontre, çà et là, des débris

de cellules ou de vaisseaux altérés de couleur rouge brun.

Comme notre intention n'est pas de décrire, même succinctement, tous les échantillons que nous avons reçus d'Amérique, ce qui dépasserait de beaucoup le but que nous nous sommes proposé, celui d'indiquer la composition générale des Cannels, en citant seulement les principaux organismes qui les forment, nous nous bornerons, pour le moment, à ceux que nous venons de passer rapidement en revue.

Ces échantillons peuvent se classer de la manière suivante :

BOGHEADS ET CANNELS AMÉRICAINS

<i>Bogheads</i>	
Forte proportion d'Algues <i>Pila Kentuckyana</i> .	Beaver-Dam Kentucky.
	Little-Laurel-Creek Kentucky.
<i>Cannels</i>	
Cannels riches en fructifications de Cryptogames (Lycopodinéés) sans Algues ou une faible proportion.	Cannelton N ^{re} -Virginie.
	Natz-Creek Kentucky.
	Davis-Creek N ^{re} -Virginie.
	Hunnewell Kentucky.
	Georges Branch Kentucky.
	Caney-Creek Kentucky.
Cannels sans fructifications de Cryptogames (Lycopodinéés) sans Algues; riches en fructifications de Fougères, en débris de végétaux.	Blackwater-Creek Kentucky.
	Mercer-station Kentucky.
	Magoffin-Co Kentucky.
Cannels formés presque uniquement de matière fondamentale, sans fructifications de Lycopodinéés, sans Algues, Quelques menus débris de tissus végétaux.	
	Buena-Vista Kentucky.

M. Grand'Eury nous a remis quelques échantillons des environs de Saint-Etienne pour avoir des renseignements sur leur constitution. Voici ceux que l'examen microscopique a pu fournir.

COUCHE BATARDE (Rive-de-Gier).

Les préparations montrent une matière fondamentale assez foncée tenant en suspension des débris extrêmement petits, opaques (matière minérale, et matière végétale houillifiée), de nombreuses fructifications de Cryptogames, microspores et macrospores de grande taille. Il n'y a pas d'Algues.

Les microspores sont arrondies, larges de $65\ \mu$ à paroi épaisse, la cavité offre un diamètre de $21\ \mu$, ou bien elles sont triangulaires ; leur grande longueur est de $42\ \mu$ et leur petite de $32\ \mu$, d'autres sont un peu plus volumineuses et mesurent $52\ \mu$ et $35\ \mu$.

Les macrospores sont très nombreuses et de grande taille 600 à $700\ \mu$, beaucoup d'entre elles sont munies d'aspérités à la surface et souvent d'appendices développés, leur couleur comme celle des autres organismes est rouge brun, elles ne renferment pas de traces d'*Anthracomycetes* mais des Microcoques.

D'après la nature des organismes végétaux qui se trouvent dans la matière fondamentale, on peut classer cette couche parmi les cannelés de la première catégorie, sa richesse doit varier, car certaines parties renferment beaucoup de fructifications, tandis que d'autres contiennent au contraire une assez forte proportion de matières minérales et peu de restes végétaux.

En même temps que des échantillons de la couche Bâtarde nous en avons reçu de M. Grand'Eury d'autres provenant de Beaubrun, de Montrambert, de Malafolie, mais par leur constitution ils s'éloignent complètement de ceux que nous venons de mentionner, nous en dirons quelques mots à la suite des houilles, à propos des schistes bitumineux houillers et permien.

CANNEL DE COMMENTRY (puits Forêt).

Combustible, compact, homogène, à cassure faiblement conchoïdale, noire, luisante, ne montrant pas de veines brillantes étrangères intercalées dans la masse, facilement pulvérisable, poudre brun très foncé, brûle facilement en se boursouflant.

Les préparations faites dans ce cannel montrent un nombre considérable de corps organisés, mais appartenant à des fructifications de Fougères, d'Equisétinées, de Gymnospermes. Les tétrades de microspores y sont très rares, les Algues font absolument défaut.

Nous signalerons plus particulièrement les organismes suivants :

Des spores de Fougère (FIG. 19, PL. XXII), mesurant 17μ à 20μ que l'on rencontre en grand nombre éparses dans la masse, et quelquefois adhérentes encore au limbe d'une pinnule.

D'autres spores larges de 20μ , FIG. 26 du texte, et FIG. 20, PL. XXII, à surface réticulée.

Nous avons parfois rencontré dans nos préparations des groupes de sporanges au nombre de six à huit encore fixés aux pinnules, et coupés transversalement.

Quelques rares tétrades mesurant 61μ ; ces tétrades et les microspores qu'elles renferment ont des parois beaucoup plus minces que celles des microspores du terrain houiller moyen que nous avons étudiées dans les cannels anglais ou américains.

Des macrospores également à parois très peu épaisses se rencontrent avec les dimensions suivantes : 44μ , 79μ , et 97μ . Les macrospores qui atteignent ces dernières dimensions sont tantôt lisses, tantôt réticulées comme les macrospores de *Sphenophyllum*.

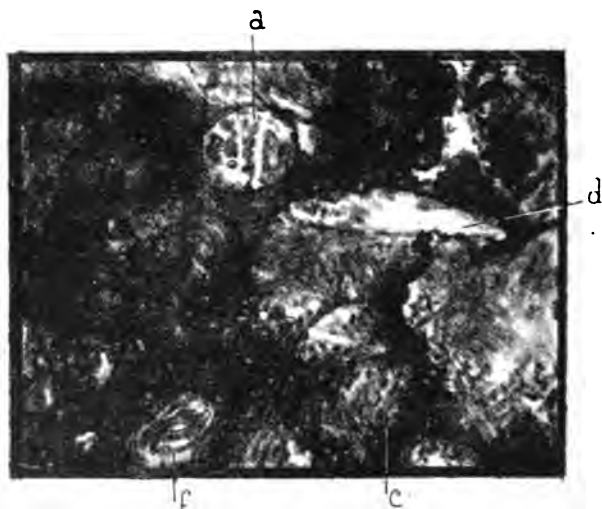
Les grains de pollen sont nombreux, il y en a de plusieurs dimensions, les plus communs sont de forme

ellipsoïdale, mesurent 53 à 64 μ suivant leur grand axe et 35 à 38 μ suivant le petit, leur déhiscence est longitudinale.

La matière fondamentale est de couleur rouge brun clair, presque tous les organismes qui y sont plongés ont pris cette teinte.

Les débris végétaux encore déterminables y sont assez fréquents, c'est ainsi qu'on peut reconnaître

FIG. 26.



Cannel de Commentry.

a. Spores de Fougères à surface réticulée; c, autre spore plus petite; d, gros grain de pollen aplati, vu de côté; f, autre grain de pollen dont l'enveloppe s'est plissée.

des pinnules de Fougères avec des traces d'organes aquifères, des fragments de bois de *Calamodendron*, des coupes transversales de feuilles de Cordaïtes? L'épaisseur du limbe de ces feuilles est de 70 μ , mais le limbe ayant subi une certaine compression, la face supérieure a glissé latéralement, les bandes hypodermiques réunissant les deux faces, au lieu de rester perpendiculaires, sont devenues obliques; dans cet état

elles mesurent 106 μ . Cette longueur représente plus exactement l'épaisseur de la feuille houillifiée, cette épaisseur est à peine le 1/10 des feuilles de Cordaïtes conservées par la silice.

Le canal de Commentry ne renferme pas de microspores de Lycopodiniées, mais comme il est formé principalement de fructifications de Fougères, de grains de pollen et de débris de végétaux ligneux, il rentre dans la deuxième catégorie des Cannels.

Les Microcoques sont répartis en grand nombre, soit à la surface des membranes des spores et des grains de pollen, soit dans les fragments de végétaux indéterminables disséminés dans la matière fondamentale, cette dernière en contient également de très visibles quand ils sont par groupes ; dans les feuilles que nous avons citées ci-dessus, on les voit surtout à la place des membranes communes, à cause sans doute de la plus grande transparence de cette région.

Composition chimique de quelques Cannels.

La composition de quelques cannelles est indiquée dans le tableau suivant :

	DENSITÉ	CARBONE	HYDROG.	OXYGÈNE	AZOTE	CENDRES
Wigan	1,296	82,07	5,62	7,96	2,12	2,55
Tynéside . .	1,319	78,06	5,80	3,12	1,85	8,91
Newcastle . .	1,280	86,75	5,24	6,61	»	1,40
Lancashire . .	1,274	81, »	5,27	8,60	»	5,13

C. MÈNE.

La moyenne de ces analyses conduit aux rapports indiqués ci-après :

$$\frac{C}{H} = 14,4 \quad \frac{C}{O} = 11.$$

$$\text{La cellulose fournit } \frac{C}{H} = 7,2 \quad \frac{C}{O} = 0,9.$$

Il y a eu déshydrogénation et désoxygénation.

Les cannels auraient perdu la moitié de leur hydrogène et les $\frac{6}{7}$ de leur oxygène en passant de la composition de la cellulose à celle qu'ils offrent actuellement.

Mais les chiffres que nous donnons ne sont évidemment qu'approchés, car les fructifications de Cryptogames microspores et macrospores, grains de pollen, ont une composition distincte de la cellulose et plus riche en carbone; de plus, comme on le voit par le tableau qui précède, les analyses montrent des différences assez notables entre les cannels inscrits.

Quoi qu'il en soit, comparativement aux bogheads, ces combustibles contiennent une proportion d'hydrogène deux fois plus faible et une quantité d'oxygène sept à huit fois plus forte.

Si nous avons pu représenter la constitution de quelques bogheads par une formule approchée à cause d'une similitude de composition, la même opération n'a plus autant d'intérêt pour des combustibles qui diffèrent entre eux dans des proportions aussi considérables.

L'étude des bogheads formés, presque uniquement, d'Algues pouvant vivre et se multiplier à la surface des eaux tranquilles, nous a permis d'exposer un mode très simple de formation de ces combustibles. Il suffisait d'admettre que les Algues, après avoir vécu, tombaient les unes après les autres au fond du lac, entraînant avec elles les corps étrangers, grains de pollen, spores de Fougères, poussières minérales, etc., gelée insoluble provenant soit de leur macération, soit de celle

des portions des végétaux tombés dans le lac et devant former la matière fondamentale qui relie le tout.

La constitution des cannels ne permet pas d'admettre un mode semblable de formation. Nous avons vu, en effet, que ces combustibles étaient formés surtout de fructifications de Cryptogames, microspores, macrospores, pinnules et sporanges de Fougères, Algues en petite quantité et grains de pollen. Il y a eu sans aucun doute une sorte de sélection, pour les cannels de la première catégorie qui, d'ailleurs, sont de beaucoup les plus nombreux et les plus importants, sélection portant sur les organes de reproduction.

Les couches de cannels sont en connexion intime avec les assises de houille qui les recouvrent ou sur lesquelles elles reposent. Quand on détache un fragment de canal en contact avec une couche de houille, il est rare qu'une portion de celle-ci ne suive pas le morceau enlevé. Il y a eu contemporanéité dans la formation de ces deux sortes de combustibles.

Faut-il admettre qu'il y a eu des sortes d'îlots, dans les bassins houillers où se développaient surtout certaines Cryptogames dont les fructifications se sont accumulées là où ces plantes ont fourni une longue série de générations ; mais alors, en même temps que ces fructifications microscopiques, faciles à entraîner, et déposées, par conséquent, en eaux calmes, devraient se trouver des fragments des plantes qui les ont produites. Il n'en est rien. Comme nous l'avons vu, les fragments rencontrés sont insignifiants, par rapport à la quantité des organes reproducteurs. Les fructifications ont, dès lors, été séparées de leurs supports.

Il y a donc eu, comme nous l'avons dit, une sélection ou un triage exécuté par les eaux, et non par les vents, car on ne s'expliquerait pas ces dépôts bien définis assez importants, déterminés par des agents aussi

inconstants; ce triage a pu s'effectuer soit sur des plantes déjà immobilisées au fond des eaux, soit encore attachées aux rives. Les fructifications, entraînées par les courants, se sont déposées dans les points où le calme était assez grand pour permettre à ces poussières végétales de gagner peu à peu le fond. Il est clair que ces points propices devaient changer de place, ce qui explique la fréquence des dépôts des couches de cannel et souvent leur peu d'épaisseur.

CONCLUSIONS

Les conclusions que l'on peut tirer de ce qui précède sont :

1° Les Cannels comme les Bogheads se présentent en lits superposés indiquant que le dépôt des différents éléments qui les constituent s'est effectué au sein d'eaux peu agitées ;

2° Que la matière fondamentale est de nature complexe, qu'elle se compose de fragments irréguliers, à angles vifs, noirs, provenant de portions de végétaux plus fortement houillifiés et de matières minérales opaques, pyrite, oxyde de fer, etc., tenus en suspension dans une sorte de gangue de couleur plus claire ayant possédé une certaine mollesse puisque non seulement elle a moulé les fragments indiqués, mais encore les différents corps jaunes organisés que l'on y observe ; cette matière provient, sans doute, des différents débris végétaux ayant subi une décomposition plus avancée ;

3° Qu'il existe plusieurs variétés de cannels caractérisées : 1° tantôt par l'abondance de fructifications de Cryptogames, microspores, macrospores, pinnules et sporanges de Fougères et par la présence d'une

petite quantité d'Algues ; 2° tantôt par la prédominance de spores, de grains de pollen et quelques débris de végétaux qui en modifient la teinte en la faisant virer au rouge ; cette variété dépourvue d'Algues contient des cannelles plus récents que ceux de la première variété ;

4° Tantôt par une désorganisation plus complète des éléments organiques qui sont devenus méconnaissables. La matière fondamentale y domine.

A. La première variété est représentée dans toutes les parties du monde. Nous avons pris comme type de cette variété le cannel Bryant renfermant un nombre considérable de microspores libres ou réunies en tétrades, des macrospores de petite et de grande taille, ces dernières sont fréquemment envahies par un Champignon microscopique à rameaux dichotomes terminés par une conidie sphérique, nous l'avons désigné sous le nom d'*Anthracomycetes cannellensis*, il se retrouve dans beaucoup d'autres cannelles.

Les cannelles du premier type qui renferment des Algues en petite quantité sont : le cannel Bryant, Neuf Attle, Lesmahagow, Arniston avec *Pila scotica*, Teberga avec *Pila lusitanica*, Cannelton, Georges Branch avec *Pila kentuckyana*, Davis Creek avec *Cladiscotallus Wardi* et *Pila kentuckyana*, etc.

Un sous-type renferme les cannelles absolument dépourvus d'Algues comme le Splint-Coal de Rived-Gier, le cannel Burghlee, de Consolidation, Skaterigg, Natz-Creek, Hunnewell, Canoy-Creek, Blackwater Creek, etc.

B. La deuxième variété contient les cannelles de Commentry, de Mercer station et ceux de la Co. Magoffin du Kentucky.

C. La troisième jusqu'ici ne comprend que les cannelles de Buena Vista ;

5° Si les bogheads se distinguent par les Algues gélatineuses microscopiques qui se trouvent en abondance dans la matière fondamentale, les cannels de leur côté sont caractérisés par la prédominance des organes de reproduction de plantes Cryptogames ou Phanérogames ;

6° Les vrais bogheads et les vrais cannels sont réunis par une classe de combustibles russes que nous avons désignée sous le nom de charbons-bogheads dans lesquels nous avons signalé de nombreuses Algues, *Pila Karpinskyi*, *Cladiscotallus Keppeni*, etc., et en même temps une quantité notable de microspores, macrospores, etc., ce qui laisserait penser que ces charbons-bogheads ont eu un mode de dépôt se rapprochant plutôt des cannels que des bogheads. Nous reviendrons sur ce sujet dans nos conclusions générales.

HOUILLE

L'origine végétale de la houille n'est plus contestée aujourd'hui, les nombreuses empreintes de Fougères, de troncs de Lépidoendrons, de Sigillaires, de feuilles de Cordaïtes, etc., rencontrées en abondance dans les grès, les schistes du toit et du mur, et recouvertes d'épaisseurs variables de houille laissaient soupçonner que la houille elle-même en couches puissantes était formée de débris semblables accumulés.

Cette déduction tirée de l'examen des lamelles de houille accompagnant les empreintes, était corroborée par la découverte, dans le charbon, de certaines espèces végétales telles que, *Psaronius gigas*, *Calamodendron striatum*, *Arthropitius bistrata*, etc., que la loupe guidée par l'étude d'échantillons conservés

par la silice parvenait à reconnaître, épars çà et là, dans le combustible ; mais on ne pouvait en conclure que la masse fût composée en totalité de végétaux.

Le microscope seul était capable de fournir la preuve directe d'une telle composition si toutefois les débris de plantes transformés en houille avaient conservé quelques traces de leur organisation primitive.

Dans la Flore fossile de Commeny (1) publiée par la Société de l'Industrie minérale, nous avons consacré un chapitre spécial à la houille organisée et montré par les figures réunies sur les Pl. LXXIV et LXXV que cette organisation était plus souvent reconnaissable qu'on ne le supposait.

La principale difficulté présentée par ce genre d'observation réside dans la préparation de lamelles assez minces pour être transparentes, mais cependant assez épaisses pour que la portion d'organe retenue puisse être déterminée.

Les figures que nous venons de rappeler avaient été dessinées d'après quelques préparations seulement ; tandis que celles que nous reproduisons dans notre Atlas ont été obtenues par la photographie directe d'un nombre bien plus considérable, et souvent avec un très fort grossissement.

Dès 1884 nous avons publié (2) les résultats des recherches que nous ayons faites sur des préparations de houille et les conséquences qui en découlaient, nous en ferons quelques extraits renfermant les points sur lesquels notre travail actuel jette une lumière plus complète.

(1) *Livre deuxième*, p. 672 et suivantes, 1888. — Voir également *Les plantes fossiles*, p. 120. J. Baillière et fils, 1888.

(2) *Le Génie civil*, t. VI, n° 9, décembre 1884.

L'origine de la houille, y disons-nous, est loin d'être suffisamment éclaircie.

Les hypothèses les plus variées ont été faites pour expliquer sa formation ; les citer toutes ne serait pas chose facile, nous n'en rappellerons que trois :

1° On y a vu le résultat d'éruption de bitume fondu venant des profondeurs et recouvrant, pénétrant des amas de feuilles, rameaux, écorces, bois, racines, etc. de plantes accumulées dans les bas-fonds, et dont les reliefs les plus délicats, les empreintes les plus fines auraient été conservés par cette espèce de goudron devenu solide par le refroidissement.

2° On l'a aussi considérée comme le résultat de la décomposition plus ou moins complète de plantes sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, décomposition qui aurait conduit les végétaux à passer successivement par les principales étapes suivantes : *tourbe, lignite, houille, anthracite*.

3° Enfin, tout en admettant que la décomposition des plantes puisse amener la matière organique à prendre ces divers états, d'autres savants pensent que pour devenir de la houille il n'est pas nécessaire à cette matière végétale d'avoir été tourbe, lignite, et qu'à l'époque houillère les plantes pouvaient passer immédiatement, si les conditions étaient favorables, à l'état de houille ; de même aux Epoque secondaire et tertiaire l'altération de tissus végétaux conduisait généralement aux lignites, tandis que maintenant elle donne naissance à la tourbe.

En d'autres termes, la nature du combustible formé à chaque Epoque a dépendu de conditions climatiques générales et d'actions chimiques locales ; l'anthracite et la houille appartiendraient surtout aux temps primaires, les lignites aux temps secondaires et tertiaires, et la

tourbe à notre époque, sans que les tourbes puissent jamais devenir houille ou anthracite.

Quant à l'accumulation dans certaines régions de masses considérables de combustible et à leur absence complète dans d'autres appartenant à la même formation géologique, on les a attribuées, tantôt à la présence d'immenses forêts poussant sur un sol bas et humide exposé à des abaissements et à des soulèvements alternatifs, et dont les débris allaient en s'accumulant pendant les périodes d'exhaussement, sous l'influence d'une végétation puissante ; tantôt au transport dans des lacs de grande étendue ou dans des estuaires, de végétaux de toutes sortes, arrachés aux forêts riveraines par les torrents, les rivières et les fleuves. Les travaux de MM. Grand'Eury et Fayol sur ce sujet sont devenus classiques, ils sont connus de tous, nous n'y insisterons pas, notre but d'ailleurs n'est pas d'étudier la formation des bassins houillers, mais celle de la houille elle-même.

D'après la première hypothèse, si les empreintes que l'on trouve souvent dans la houille, telles que feuilles de Cordaïtes, écorces de Sigillaires, de Lépidodendrons, bois de Cordaïtes et de Calamodendrons, etc... ne sont que superficielles et de simples moulages exécutés par un bitume particulier, jadis fluide, maintenant solidifié, ne ressemblant, par ses propriétés, à aucun autre bitume connu, on ne doit trouver à l'intérieur aucune trace de conservation ni aucun indice de structure. Or en faisant des préparations suffisamment minces pour être transparentes, dans des fragments de houille uniquement formés en apparence d'*empreintes* de feuilles de Cordaïtes, on arrive à distinguer sur une coupe perpendiculaire au limbe, les cuticules et le premier rang de cellules épidermiques, les faisceaux vasculaires qui correspondent aux nervures, les bandes d'hypoderme ; mais les cellules lâches du mésophyle

ne se voient plus parce qu'elles ont été écrasées par la pression ou détruites.

Les portions de houille renfermant des empreintes d'écorces de Sigillaires ou de Lépido-dendrons laissent voir plus nettement encore le tissu subéreux allongé, caractéristique de ces écorces.

Si l'on voulait admettre que le bitume a été suffisamment fluide pour injecter dans toutes leurs parties les débris végétaux comme la silice, les carbonates de fer et de chaux l'ont fait dans un si grand nombre de cas, on viendrait se heurter à une grave difficulté. En effet, le nombre est très grand de fragments de houille isolés dans les schistes, les grès, sans aucune communication avec des veines de houille ou de bitume (tiges de Fougères et de Calamites du Treuil, troncs de *Calamodendrons* et d'*Arthropitus* couchés ou debout de Commentry, cailloux roulés ou à angles vifs disséminés dans les bancs de grès d'un grand nombre de houillères etc...), veines par lesquelles se serait faite l'injection de tous ces débris pénétrés d'humidité comme les terrains encaissants. On ne peut donc admettre une hypothèse qui aurait entraîné la pénétration bien plus facile des grès et des argiles environnants, l'observation montre que cette gangue perméable est restée intacte, blanc jaunâtre, jusqu'au contact des troncs houillifiés (banc des roseaux de Commentry); elle ne présente, de plus, aucune trace de métamorphisme, elle serait certainement plus ou moins altérée si le bitume en question l'avait traversée à l'état de vapeur.

On ne peut pas admettre davantage que l'injection des plantes par le bitume se soit effectuée à une certaine distance, et qu'après cette opération elles aient été transportées là où on les rencontre, car il n'est pas rare d'observer à Saint-Etienne, à Bessèges, Commentry, des troncs de Fougères arborescentes, de *Calamoden-*

drons, d'Arthropitus, etc., encore munis de leurs racines, longs de plusieurs mètres, dont le cylindre ligneux houillifié entoure un noyau pierreux ; le fragile cylindre se serait certainement brisé pendant le transport.

Les échantillons houillifiés n'ont jamais été réellement fluides, ce sont eux qui ont gravé leurs empreintes les plus délicates sur les grès et les schistes, et non ces derniers qui ont laissé leurs traces sur la surface des troncs houillifiés, nous n'avons jamais remarqué d'infiltrations en provenant et pénétrant dans la gangue environnante.

Les tiges isolées apparaissent comme si la houillification s'était faite ou achevée sur place.

2° Le niveau occupé dans les terrains sédimentaires par les tourbes, les lignites, la houille et l'anthracite, la structure organique que l'on trouve de moins en moins distincte à mesure que l'on passe de l'un de ces combustibles au plus ancien ont fait quelquefois admettre l'hypothèse rappelée plus haut, savoir : que la matière végétale éprouvant sous l'action prolongée de la chaleur et de l'humidité une altération de plus en plus profonde, passait successivement par ces divers états.

Mais l'anthracite ne se rencontre pas uniquement dans le terrain houiller inférieur, on en trouve dans le terrain houiller moyen et supérieur, la houille elle-même s'exploite assez abondamment dans les terrains secondaires et même dans les terrains tertiaires. D'un autre côté, les lignites ont été rencontrés dans les terrains secondaires, et nous avons vu que les cuticules de Tovarkowo et les charbons-bogheads du Bassin houiller de Moscou, qui appartiennent au Culm, pouvaient être considérés comme ayant pris naissance dans des marais tourbeux, il n'apparaît donc pas que la nature du combustible soit une conséquence nécessaire de son ancienneté.

De plus, il semble résulter de nos recherches que les matières végétales une fois transformées en lignite, houille, etc., si elles sont garanties contre l'action de l'air et d'eaux minérales par des couches de terrain assez épaisses ou assez imperméables, conservent la composition chimique qu'elles avaient atteinte lors de leur enfouissement.

Les terrains houillers de Commentry, de Bézenet, de Blanz, de Swansea et de bien d'autres régions, renferment des bancs de grès ou de grès argileux contenant une assez grande quantité de gravier de houille; quelquefois les fragments présentent une cassure analogue à celle de la houille ordinaire avec ses veines alternantes, brillantes ou ternes, leurs angles encore vifs indiquant qu'ils n'ont pas été roulés, le grès en a pris exactement les détails que l'on retrouve en creux dans la gangue.

D'autres fois, ces fragments présentent l'aspect de véritables galets ou de cailloux roulés. Ces cailloux de houille n'ont pas été déformés sous la pression des grès environnants, ils n'ont pas subi de retrait depuis leur enfouissement et la solidification de la gangue, car leur surface est en contact avec la surface interne de leur moule; tout porte à croire qu'ils ont été arrachés de bancs houillers préexistants, et déposés, possédant déjà leur dureté et leur volume définitifs, en même temps que les graviers et les sables dans lesquels ils sont enclavés.

Il était d'un grand intérêt de rechercher l'âge auquel on pouvait rapporter la formation de ces fragments évidemment plus anciens que les troncs houillifiés dont il a été question plus haut et que nous avons reconnu n'avoir pu être transportés *tels* à cause de leurs grandes dimensions et de la fragilité de la houille faite. M. Fayol nous a procuré de nombreux cailloux

de houille renfermés dans leur gangue, et nous avons pu constater que par quelques-unes de leurs propriétés ils différaient de la houille des troncs isolés et de la houille ordinaire du même gisement.

Ils sont moins compacts, leur densité plus faible, une mince couche d'eau déposée à la surface est promptement absorbée, ce qui indique une plus grande porosité (1), la cassure est mate, ils sont rayés par la houille ordinaire.

Sur une cassure fraîche on reconnaît à la loupe ou au microscope, qu'ils sont formés, les uns de houille ordinaire, c'est-à-dire composés de lames d'épaisseur variable, brillantes ou ternes avec ou sans traces d'organisation ; les autres de morceaux de bois divers à structure conservée. Réduits en lames minces et transparentes, nous y avons reconnu des bois d'*Arthropitrus*, de *Cordaïtes*, de *Calamodendron* et de pétioles d'*Aulacopteris*, c'est-à-dire de plantes ligneuses et arborescentes que l'on rencontre communément dans le terrain houiller de Commentry à l'état d'empreinte ou de charbon. Les cailloux de houille en question n'appartenaient donc pas à des couches de houille plus anciennes comme celles du terrain houiller moyen, par exemple, mais au terrain houiller supérieur, comme celui du bassin houiller de Commentry.

Dans un certain nombre d'échantillons, la diminution de volume est moins grande que celle que nous avons observée sur les mêmes organes des genres correspondants mais non remaniés, les détails d'organisation sont plus nets, les tissus mieux conservés. La quantité d'hydrogène et d'oxygène qu'ils renferment est plus

(1) Cette porosité est contraire à l'hypothèse d'une imbibition de bitume.

grande et tout semble indiquer une houille moins avancée.

On ne peut attribuer ces différences à la nature des plantes transformées en houille, puisque nous venons de voir que ce sont les mêmes qui se trouvent de part et d'autre ; le temps n'y est pour rien, puisque d'après les idées émises par certains auteurs, ayant été enfouies plus longtemps, la houillification devrait être plus parfaite et c'est le contraire qui a eu lieu.

Si l'on admet : 1° que les débris végétaux s'altèrent de plus en plus par leur macération dans l'eau ordinaire chargée de Microorganismes divers ; 2° qu'à partir de leur enfouissement dans des couches d'argiles ou de sables suffisamment épaisses, leur composition chimique varie dans de faibles limites ; 3° qu'il n'y a de changements importants qu'au point de vue de leurs propriétés physiques, changements dus au départ de l'eau d'hydratation, et d'une faible compression, on arrive assez facilement à se rendre compte de ce qui s'est passé.

En effet, lorsque, par suite de la macération dont nous avons parlé, la matière végétale eut été amenée à présenter la composition chimique que nous constatons dans la houille moins avancée des galets, elle fut une première fois recouverte de sables et protégée contre une destruction plus profonde ; peu à peu elle acquit les propriétés physiques que nous lui reconnaissons actuellement.

Lors des ravinements qui se produisirent à plusieurs reprises sur les bords du bassin de Commeny, elle fut arrachée par fragments, ceux-ci furent ballottés, roulés pendant quelque temps, parfois brisés, de nouveau recouverts, cela en même temps que les plantes sans doute plus avancées en décomposition rencontrées au même niveau ; protégées comme elles, contre une altération ultérieure, nous les retrouvons actuellement

comme elles étaient au début, c'est-à-dire moins avancées en houillification, malgré leur origine plus ancienne que les autres débris végétaux transformés en houille après eux, mais plus profondément altérés lors de leur enfouissement.

Il est encore quelques conséquences importantes qui découlent de la présence de ces cailloux de houille :

1° Un même bassin houiller peut renfermer, au même niveau, des fragments de houille d'âges fort différents ;

2° Son contour a pu se modifier, grâce aux ravine-
ments produits par les eaux qui transportaient les parties anciennes, dans les parties plus basses et plus récentes du bassin ;

3° Enfin puisque les grès et les schistes plus récents peuvent contenir de la houille plus ancienne, mais formée par les mêmes espèces de plantes que l'on trouve à ce niveau plus récent, il faut admettre que la transformation en houille des tissus végétaux a été relativement rapide et loin d'exiger un temps énorme pendant lequel les espèces auraient nécessairement changé.

Si donc les lignites ne sont pas devenus houille, si la houille ne s'est pas transformée en anthracite, ce n'est pas le temps qui aurait fait défaut, mais les conditions de milieu qui n'ont pas été les mêmes, dès l'origine, pour chacun de ces combustibles.

Parmi les hypothèses que nous avons citées en commençant, celle qui concorderait le mieux avec les faits que nous avons signalés serait la troisième qui admet deux phases dans la formation de la houille.

La première comprend les diverses réactions chimiques qui ont amené la matière végétale tantôt à l'état

de houille (avec ses diverses variétés), tantôt à l'état d'anhracite.

La seconde consiste dans la conservation (par enfouissement) de la matière organique au degré de houillification qu'elle avait atteint à ce moment, et le développement des propriétés physiques que nous pouvons actuellement constater dans les diverses substances houillifiées, propriétés acquises sous l'influence d'une compression et dessiccation graduelles au milieu de terrains perméables.

Comme on le voit, dès l'année 1884 nous avons admis que la houille était le résidu d'une macération de végétaux plus ou moins avancée, et que c'était elle qui avait été l'origine des réactions chimiques ayant déterminé les changements de composition de la matière végétale ; depuis lors nous avons continué nos recherches et serré de plus près la question. En effet, si c'est bien une fermentation plus ou moins complète qui a déterminé le changement de composition constaté, on doit retrouver dans les résidus, les traces des êtres qui l'ont déterminée et qui y ont vécu.

Dans les tourbes et les lignites nous avons signalé la présence d'Infusoires, d'Amibes, de Champignons, d'Algues, de Bactériacées, etc. Tous ces êtres vivent dans les eaux stagnantes où s'opèrent des macérations de végétaux.

Dans les bogheads et les cannels nous avons retrouvé une partie des êtres précédents, des Champignons, des Algues et des Bactériacées ; les Infusoires et les Amibes ont fait défaut ; peut-on en conclure qu'ils n'y existaient pas, nous ne le croyons guère ; car les Infusoires et les Amibes ne peuvent s'observer à l'état fossile que s'ils ont laissé des portions chitineuses ou minéralisées de leur squelette, et tous n'en possèdent pas ; ceux qui étaient constitués par des substances molles non pénétrées de

calcaire ou de silice ont dû fatalement disparaître sans laisser aucune trace. D'ailleurs il faut ajouter que le nombre de préparations faites dans les combustibles en question est beaucoup trop restreint pour qu'on ait le droit de déclarer que les Infusoires et les Amibes ne vivaient pas à l'époque houillère (1).

Dans les pages suivantes nous allons examiner la constitution de quelques houilles de divers terrains et y rechercher les organismes plus résistants, tels que les Bactériacées et les Champignons.

HOUILLE DE LA ZSILY

PL. XXIII, FIG. 13 et 14.

M. Grand'Eury nous a procuré quelques échantillons de charbon oligocène de la Zsily, bassin de Lupény (Transylvanie), contenant dans certaines couches une grande quantité de coquilles de Planorbes.

Ce charbon est noir luisant, il devient brun quand on le frotte, sa poudre est brune, il est tenace, sa cassure est irrégulière et montre des lamelles brillantes correspondant à des fragments de bois ou de feuilles. Il brûle avec une flamme très fuligineuse, l'ammoniaque ne lui enlève que des traces de principes ulmiques.

Les préparations renferment, par place, dans une masse amorphe, des traînées cylindriques, résidus de digestion longs de 0^{mm},3 à 0^{mm},4 et larges de 20 μ ; ces résidus, comme la masse rouge brun qui les renferme, montrent des Microcoques mesurant 0,4 à 0,5 μ et des Bacilles longs de 2 à 2,5 μ isolés ou à l'état de Diplobacilles; les articles sont inclinés l'un sur l'autre et

(1) Comme nous le verrons plus loin, les tourbes *houillères* conservées par la silice renferment des dépouilles d'Infusoires.

forment un angle variable, leur épaisseur n'est que de $0,6\ \mu$, ils se détachent en noir sur le fond brun de la préparation. Nous désignerons ce Bacille sous le nom de *Bacillus Zsilianus* (FIG. 13 a, b, PL. XXII).

Plusieurs autres Bacilles se rencontrent également dans cette houille, une de ces espèces atteint $3,7\ \mu$; tantôt les bâtonnets sont isolés, tantôt ils sont réunis par deux ou trois; ils mesurent alors 7 à $10\ \mu$; leur diamètre est de $0,7\ \mu$. Cette espèce diffère de la précédente par la longueur et la largeur de ses articles. Sur quelques bâtonnets isolés on remarque, à l'une des extrémités, une petite spore allongée. Nous avons désigné cette espèce sous le nom de *Bacillus Grand'Euryi* (FIG. 14 a).

Les débris de Champignons ne sont pas rares, nous y avons rencontré : des filaments mycéliens, se distinguant des trainées cylindriques signalées plus haut, par des cloisonnements : des conidies formées de trois cellules, la cellule apicale est globuleuse, mesure $9\ \mu$ de hauteur et $12\ \mu$ de largeur; la seconde $8\ \mu$ de hauteur et la troisième $6\ \mu$. La longueur totale est de $23\ \mu$. Cette conidie se rapproche de l'*Helminthosporium apioides* des lignites éocènes de l'Hérault.

D'autres conidies sont cylindriques, formées de quatre cellules, les deux cellules extrêmes sont arrondies. La cellule apicale mesure $8\ \mu$ de hauteur, les trois autres $7\ \mu$ environ, la longueur totale est de $29\ \mu$. Ces conidies rappellent par leur forme l'*Helminthosporium folliculatum*, mais elles sont plus petites et contiennent un moins grand nombre de cellules.

Les fragments de plantes sont nombreux, ce sont des débris de tissu cellulaire mélangés quelquefois à des bandes de faisceaux rayés ou ponctués.

Ce charbon, par sa composition organique, rappelle plutôt un lignite qu'une houille, cependant il ne con-

tient que très peu de principes ulmiques solubles dans l'ammoniaque. Il présente en outre des conidies de Champignons qui manquent dans les houilles plus anciennes. Celles-ci n'ont offert jusqu'ici que des filaments mycéliens.

HOUILLE DE LA BOUBLE (1)

PL. XXIII, FIG. 8 a 12.

Les fragments que nous avons reçus sont noirs, compacts, parsemés de bandes ou de fragments irréguliers, brillants, séparés par des espaces plus ternes, les bandes brillantes minces sont formées par des sections de feuilles ; les fragments plus épais à sections irrégulières, quelquefois contournées en cylindres plus ou moins complets, appartiennent à des tiges ou à des rameaux de *Cordaïte* et d'*Arthropitus*. A la loupe, sur les cassures, on commence à apercevoir des détails de structure. Les parties ternes correspondent à la matière fondamentale qui renferme, comme nous le verrons, un assez grand nombre de corps organisés.

Le charbon de la Bouble offre une cassure qui varie suivant la région où elle passe ; si elle rencontre un fragment de bois houillifié, comme cette partie est homogène, la cassure est conchoïdale ; si au contraire elle intéresse des bandes minces, brillantes et ternes, la cassure est lamellaire ou cubique.

Il brûle facilement, avec une flamme fuligineuse en se boursouflant, surtout là où se rencontrent les parties brillantes, formées par les feuilles, les écorces et les bois. Une quantité notable de gaz s'y trouve inclus, 1 cent. cube de houille contient 6,94 cent. cubes de gaz composés de 95,04 d'hydrogène protocarboné, 3,70

(1) La houille de la Bouble, près Saint-Eloi (Puy-de-Dôme), nous a été fournie obligeamment par M. Grand'Eury.

d'acide carbonique et 1,25 d'azote ; une partie de ces gaz se dégage par simple pulvérisation, une autre par diminution de pression, une troisième quand on chauffe au-dessus de 100°, mais bien au-dessous de la température de décomposition du charbon.

Les préparations de cette houille sont impossibles à exécuter sur des fragments sortis récemment de la mine, si on n'a pas soin de les chauffer pendant quelque temps à 100°. La sortie continuelle des gaz empêche l'adhérence des lamelles de houille sur le porte-objet.

Ces gaz marquent sans doute la fin d'une fermentation où la production du formène dominait et qui est resté inclus.

En coupe transversale (Fig. 8, PL. XXIII), la houille de la Bouble paraît formée d'une série de lits superposés, les uns de teinte plus ou moins foncée *a*, *a*, les autres transparents *b*. Quand la minceur est suffisante, les bandes foncées deviennent assez claires pour que l'on puisse reconnaître qu'elles sont formées de lamelles brunes tirant tantôt vers le jaune, tantôt vers le rouge, sans structure, mais tenant en suspension un certain nombre de corps organisés.

Les plus nombreux sont des grains de pollen réunis en groupes importants ou isolés au milieu des bandes brunes, vus par la tranche ils sont souvent recourbés en arc et mesurent 53 μ de longueur et 9 μ d'épaisseur, ils sont réduits simplement à l'exine, d'autres se présentent avec une taille plus considérable, leur longueur est de 65 μ et leur épaisseur de 26 μ . Quelques-uns, malgré les plissements de l'enveloppe, atteignent suivant le grand axe 70 μ , et 37 μ suivant le petit.

Les microspores *y* sont assez fréquentes, les unes sont nettement trigones, équilatérales et mesurent 17 μ de côté, quelques-unes sont encore groupées en tétrades dont le diamètre est de 32 μ . On remarque encore des

spores, peut-être de Fougères, elles sont ovécides, le grand axe est de $24\ \mu$ et le petit de 17 , d'autres sont sphériques avec un diamètre de $14\ \mu$. On voit également quelques pinnules de Fougères.

Les macrospores de grande taille n'y sont pas rares à l'état de fragments, et dans leur épaisseur il s'est développé assez fréquemment des myceliums d'*Anthracomyces*.

Les lignes qui précèdent pourraient faire croire que l'on a affaire à un cannel dépourvu d'Algues, du premier groupe. Mais la fréquence des feuilles, des fragments de bois d'*Arthropitus*, de Cordaïtes, que l'on rencontre dans les préparations ou que l'on reconnaît déjà en examinant les cassures à la loupe, rapproche le charbon de la Bouble des houilles proprement dites, cependant la matière fondamentale en est moins foncée et plus riche en fructifications variées.

Dans les parties où cette matière fondamentale est transparente comme on c (Fig. 8 et Fig. 9), on observe des groupes de Microcoques de taille très petite, $0,5\ \mu$. Quelquefois la matière fondamentale offre des plages où, au milieu d'autres débris, on distingue de nombreux Microcoques (Fig. 11), et même des régions où on ne voit que ces microorganismes (Fig. 12). Les Bacilles s'y montrent, mais en très petit nombre. Dans les schistes du toit des macrospores volumineuses sont assez fréquentes, elles sont munies d'appendices, de crêtes saillantes, et leur surface est munie d'aspérités.

HOUILLE DE DECAZEVILLE

Les échantillons de houille que nous avons reçus de M. Fayol, le savant directeur général de Commentry-Fourchambault et qui proviennent de Decazeville, sont tenaces, à cassures irrégulières, quelquefois conchoïdes,

montrant sur la tranche, de nombreuses veines ternes ou brillantes, d'épaisseur variable, les plus minces appartenant à des portions de pinnules de Fougères et à des feuilles de Cordaïtes, les plus épaisses à des fragments d'écorce, de bois, ayant appartenu soit à des Cordaïtes, soit à des *Arthropitus*; quelquefois à la loupe on peut reconnaître le genre de Calamodendrée auquel le bois houillifié appartient.

Les veines ternes au contraire sont produites par la matière fondamentale; celle-ci montre assez de solidité pour être taillée en lame mince et devenir transparente, elle est de couleur rouge brun, amorphe, mais tient en suspension un grand nombre de fructifications; ce sont des spores de Fougères aplaties mesurant $17\ \mu$ de diamètre quand elles sont vues en dessus, et 5 à $6\ \mu$ quand on les examine de côté, autrefois globuleuses il ne reste plus que l'enveloppe dont les parois se sont affaissées; des microsporanges, dont l'enveloppe, formée de cellules allongées et mesurant $47\ \mu$ suivant la grande dimension et $10\ \mu$ suivant la plus petite, est remplie de microspores groupées en tétrades, chacune d'elles offre en épaisseur $17\ \mu$ et en largeur $26\ \mu$; de nombreux débris de cellules provenant de la désorganisation de feuilles et de tissus ligneux. On y remarque encore des masses lenticulaires, ovoïdes, sans structure, mais renfermant des formes coccoïdes et des Bacilles.

Il n'est pas rare, dans les coupes faites perpendiculairement à la stratification, de rencontrer des sections de feuilles de petites dimensions montrant une nervure médiane et dont le limbe de faible largeur se contourne en dessous vers les bords; nous pensons que ce sont des pinnules de Fougères ayant peut-être porté les spores que nous avons mentionnées.

On remarque aussi fréquemment des portions de feuilles beaucoup plus grandes, elles ont été faiblement

comprimées, aussi peut-on y reconnaître des détails intéressants d'organisation. La cuticule houillifiée forme une bande plus claire qui limite le limbe, elle envoie de faibles prolongements entre les cellules de l'épiderme, de sorte que sa section apparaît comme une succession d'arcs inégaux, dont les extrémités en contact forment ces prolongements. Les cellules épidermiques paraissent écrasées, leur largeur est de $21\ \mu$ environ et leur hauteur seulement de $7\ \mu$.

Au-dessous de cette couche épidermique se trouve une assise de cellules en palissade, prismatiques, longues de $53\ \mu$ et larges de $12\ \mu$, ces cellules sont remplies de houille rouge brun, au milieu de laquelle on distingue de nombreuses granulations plus foncées, la paroi des cellules se réduit à une enveloppe extrêmement mince, plus transparente, qui représente la membrane commune houillifiée.

De temps à autre, la couche des cellules en palissade est interrompue par des groupes de sections cellulaires plus petites, polyédriques ou circulaires, représentant peut-être des sections de bandes hypodermiques; le mésophylle est formé de cellules qui ont été écrasées et par conséquent indistinctes, le parenchyme à méats aérifères et l'épiderme inférieur offrent une meilleure conservation. Il est vraisemblable que ces fragments appartiennent à des feuilles de Cordaïte, dont on trouve les rameaux houillifiés dans les mêmes échantillons.

Les débris d'*Arthropitus* houillifiés sont assez bien conservés; à la loupe, comme nous l'avons déjà dit, on peut en reconnaître le bois sur la tranche des morceaux de houille, les préparations que nous avons obtenues montrent que certains d'entre eux appartiennent à l'*Arthropitus bistrata*.

Nous pourrions multiplier les exemples et décrire les coupes que nous avons faites dans les charbons de

Saint-Etienne, de Blanzky, etc., mais nous pensons que les faits que nous venons d'énumérer sont suffisants pour montrer que les houilles du terrain houiller supérieur ne sont pas formées par l'accumulation d'Algues comme les bogheads, de fructifications de cryptogames accompagnées de quelques Algues comme les cannelles, mais par la réunion bien plus variée de tous les organes des végétaux, portions de troncs, d'écorces, de racines, de feuilles, de fructifications de plantes cryptogames ou phanérogames.

Quand plus rarement il y a eu sélection, cette sélection a porté sur des écorces ou des feuilles. Ces divers fragments sont reliés entre eux par la matière fondamentale qui, lorsqu'elle présente assez de tenacité pour être amincie et devenir transparente, possède une couleur rouge brun, ne présente aucune trace d'organisation, mais peut tenir en suspension de nombreux corps coccoïdes.

Tous les corps tenus en suspension par la matière fondamentale ne présentent pas une structure reconnaissable; nous avons vu en effet que la houille de la Bouble (Fig. 8 et 9, Pl. XXIII b) contenait beaucoup de masses jaunes irrégulières, complètement désorganisées, où on ne distinguait plus que des granulations coccoïdes. On ne peut évidemment rapporter avec certitude ces corps à aucun organe déterminé, mais si on se rappelle que les parties les plus résistantes des plantes que l'on peut déterminer dans les combustibles fossiles, sont les cuticules, les cellules épidermiques, les bandes d'hypoderme, etc., c'est-à-dire celles que nous avons reconnues plus haut, on est porté à penser que ces corps amorphes, transparents, ne sont autre chose que les tissus cellulaires de la moelle et des régions parenchymateuses des végétaux qu'une altération plus rapide et plus complète a dépouillés de toute

trace d'organisation et transformés en une sorte de pulpe analogue à celle que nous avons signalée dans les combustibles moins anciens.

Nous croyons utile de suivre la marche des Bactéries à l'intérieur des fragments de plantes transformées en houille comme nous l'avons fait pour les fructifications des cannelés et les Algues des bogheads, nous pourrions ainsi vérifier si le mode d'opérer a été le même de part et d'autre, et comparer ce mode d'action avec ce qui se passe actuellement pour les lignites et les tourbes.

ETUDE DE QUELQUES BOIS HOUILLIFIÉS

Les préparations exécutées dans les cannelés et les bogheads nous ont montré que la houille provenant des membranes moyennes était de teinte moins foncée que celle qui provenait des épaisissements des cellules, que les tissus parenchymateux houillifiés étaient également plus clairs que les tissus prosenchymateux. Les Bactériacées seront évidemment plus faciles à distinguer dans la houille peu colorée que dans celle qui ne s'éclaire que difficilement.

Dans les divers tissus houillifiés, l'organisation n'est souvent visible que grâce à cette différence de coloration ; il faut donc, comme nous l'avons constaté pour les Algues des bogheads, que la houille des membranes moyennes n'ait pas été mélangée par un froissement, un écrasement, ou par tout autre cause, avec la houille des épaisissements ou des produits renfermés dans les cellules ; les Microcoques contenus dans les membranes moyennes, beaucoup plus distincts que ceux qui sont dans l'intérieur des cellules, en marquent les parois. Nous avons insisté sur cette particularité à

propos du boghead à Pilas d'Autun ; les Bactériacées noyées dans la houille mélangée, ne sont plus visibles, parce que sans doute leur réfringence correspond sensiblement à celle du milieu où elles se trouvent.

Il arrive souvent que le manque de visibilité est dû à l'opacité de la houille, et que si on parvient à lui donner suffisamment de minceur, comme nous l'avons signalé dans certains cas pour la matière fondamentale des bogheads et des cannels, on ne finisse par distinguer ces microorganismes.

La houille provenant de bois divers présente une ténacité plus grande que celle de la houille ordinaire, les préparations peuvent donc être poussées plus loin, et par conséquent devenir suffisamment transparentes.

Nous décrirons quelques préparations faites dans des bois divers et provenant de gisements variés.

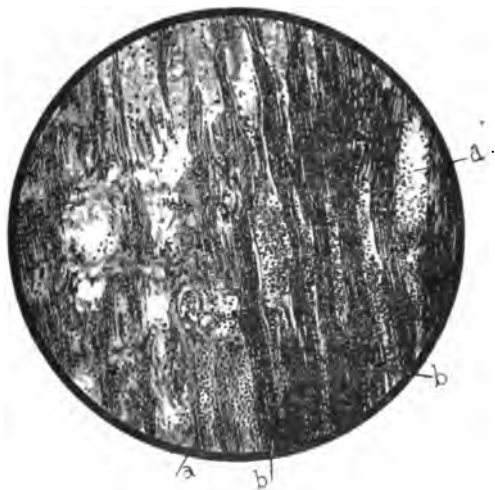
Sur la FIG. 26 bis du texte qui est une section longitudinale d'un bois d'*Arthropitus gigas* recueilli à Commeny, on voit, en *a* et dans d'autres régions de la préparation, la pellicule de houille devenue transparente et contenant un nombre considérable de Microcoques ; cette transparence, qui ne s'observe que par places, n'est pas due seulement à la minceur de la pellicule mais à la nature de la houille qui est issue de la transformation des membranes moyennes, houille moins foncée, comme nous venons de le faire remarquer, que celle des épaississements.

Les bandes noires *b*, à droite, qui coupent longitudinalement la figure sont des cylindres de forme irrégulière parfois interrompus, de houille restée opaque, quoique offrant la même minceur que celle qui montre les Microcoques. Cette houille provient de la transformation des épaississements et remplit l'espace circonscrit par les membranes moyennes quand celles-ci n'ont pas été déchirées ou détruites.

Cette curieuse structure des bois houillifiés, quand ils n'ont pas été écrasés, est confirmée par de nombreux exemples que nous allons citer :

En suivant, pour l'examen des coupes, successivement les directions verticales radiales, verticales tangentielle et transversales.

FIG. 26 bis.



Coupe verticale d'un bois houillifié d'*Arthropites Gigas*.

Gross. $\frac{600}{1}$

a, nombreux microcoques disposés sur les membranes moyennes houillifiées; *b*, cylindres de houille formés aux dépens des épaississements des parois des trachéides.

Ces directions sont assez faciles à déterminer en examinant à la loupe ou au microscope, la tranche des cassures éclairées obliquement sous un angle convenable, avant d'exécuter les préparations.

La FIG. 1, PL. XXIV offre une coupe longitudinale radiale faite dans un bois houillifié de Saint-Etienne fortement altéré, les cellules des rayons ligneux ont

disparu, les ornements des parois des trachéides ont été détruits, on ne distingue plus çà et là que quelques vestiges de parois *a*, dans d'autres régions comme en *d*, toute trace d'organisation a été effacée, ce que l'on voit de plus net ce sont des Microcoques *b*, rassemblés en nombre immense et mesurant $0,5\ \mu$ environ.

Les FIG. 2 et 4 montrent deux sections faites dans un bois de Commeny moins écrasé. Les grandes bandes longitudinales noires *a*, sont formées de houille opaque ne laissant voir aucun détail, elles sont séparées par d'autres bandes plus claires *b*, où paraissent localisés de nombreux Microcoques. Ces bandes claires ne sont autre chose que les membranes moyennes houillifiées, comprises dans l'épaisseur de la préparation, plus transparentes comme nous l'avons fait remarquer et permettant de voir, *c*, FIG. 2 les Microcoques qui s'y trouvent. En *c*, FIG. 4, on distingue une ligne claire bordant une bande de houille et qui représente une section verticale de cette membrane moyenne.

Sur la FIG. 2, on reconnaît des traces horizontales assez vagues des rayons cellulaires ligneux.

La figure 5 représente une section longitudinale radiale de bois d'*Arthropitus bistriata*; en *a*, on voit une partie de rayon dont les cellules sont plus hautes que larges, en *b*, la section rencontre une face latérale d'une membrane moyenne occupée par de nombreux Microcoques.

Nous avons, au commencement de cet article, en parlant des cailloux de houille, fait remarquer que la houille qui les formait était moins avancée que celle que l'on trouvait au même niveau. Cette observation est confirmée par la figure 6 qui se rapporte à un fragment de bois d'*Arthropitus* renfermé dans l'un de ces cailloux, les détails de structure sont nets; en *a*, on distingue les raies des vaisseaux scalariformes qui

constituent le bois de ce genre de plante, les ornements ne sont pas enlevés sur les parois comme cela se voit dans les exemples précédents; en *b*, on distingue facilement les Microcoques qui recouvrent les parois et leurs ornements.

La Fig. 7 se rapporte à un *Arthropitus bistriata* de Saint-Etienne vu sous un Gros. de $\frac{600}{1}$. En *a*, *a*, on aperçoit les bandes houillifiées de l'intérieur des trachéides et en *b* des portions de membranes moyennes rencontrées par la coupe et peuplées de Microcoques.

La Fig. 8 est une coupe longitudinale d'*Arthropitus gigas*, rencontrant à la partie supérieure de la figure les parois en contact de plusieurs membranes moyennes formant une sorte de plage blanche dépourvue de Bactéries, mais celles-ci se montrent en grand nombre un peu plus bas en *b*, sur ces mêmes membranes; la coupe rencontre en *c*, une série de bandes noires de houille *contenue* à l'intérieur des trachéides, ces bandes sont séparées par de minces filets blancs qui représentent les parois des membranes.

Les sections dirigées dans un sens tangentiel conduisent à des résultats semblables. En effet, la Fig. 3 est une coupe tangentielle faite dans un bois de Cordaïte d'Autun vue sous un grossissement de $\frac{600}{1}$,

la coupe rencontre les parois antérieures et postérieures des trachéides réduites à leurs membranes moyennes peuplées de Microcoques comme on le voit en *b*; les parois latérales ne sont représentées que par des lignes de faible épaisseur *a*, les rayons cellulaires ligneux ne sont pas distincts. La Fig. 9 représente, sous un grossissement de 600 diamètres, dirigée dans le même sens, une section d'un bois d'*Arthropitus*; on voit en *a*, une bande de houille garnissant l'intérieur d'une

trachéide, en *b*, un rayon cellulaire ligneux dont on peut distinguer les cellules ; des Microcoques se trouvent disséminés ou forment des groupes *c*.

D'après ce qui précède, les Bactériacées de la houille sont représentées principalement par des formes coccoïdes dont les dimensions avoisinent $0,5 \mu$, elles abondent dans toutes nos préparations, nous les avons désignées sous le nom de *Micrococcus Carbo* Var. A. Cependant il existe d'autres formes, mais qui se rencontrent moins fréquemment, ce sont des formes bacillaires, tantôt isolées dans des vaisseaux où elles se montrent en assez grande quantité, tantôt mélangées à des Microcoques (FIG. 27 du texte).

Les bâtonnets sont droits ou arqués, libres ou couplés par deux, ils sont assez transparents, mais il

FIG. 27.

Bacilles et Microcoques dans de la houille d'*Arthropilus*.

Gros. $\frac{650}{1}$

est impossible, plongés comme ils sont, au milieu de la houille qui remplit les cellules et les vaisseaux, de distinguer nettement leur enveloppe.

On peut en rencontrer deux variétés, l'une dont les articles mesurent $4\ \mu$ de longueur et l'autre $3\ \mu$, leur largeur est de $0,8\ \mu$ pour la première et $0,6\ \mu$ pour la seconde. Comme nous ne pouvons pousser leur étude plus loin à cause du milieu où elles se rencontrent, nous les rapprocherons, pour le moment, du *Bacillus Carbo*, décrit plus loin, mais avec les noms de *B. Carbo* Var. B, et C.

BACILLUS COLLËTUS

FIG. 28.

Nous avons découvert dans un *Arthropitus* de Saint-Etienne une Bactériacée fort intéressante se présentant en articles isolés, mais fréquemment aussi en chaînettes (Fig. 28 et 28 bis, plus grossies, du texte). Les fragments de chaînettes se composent de quatre à neuf articles, la membrane est difficilement visible à cause du peu de différence de teinte qui existe entre elle et la houille environnante. Le protoplasma houillifié se voit au contraire nettement à cause de sa couleur plus foncée et c'est lui qui permet de reconnaître la disposition en chaînette des Bacilles. L'intervalle qui sépare deux masses protoplasmiques de deux bâtonnets contigus est de $0,5\ \mu$, ce qui donne pour l'épaisseur probable de la membrane $0,25\ \mu$. La longueur totale du Bacille est de $2,5\ \mu$ environ et sa largeur de $0,6\ \mu$.

Dans beaucoup d'articles libres, et dans quelques-uns de ceux qui sont engagés dans les chaînettes a, Fig. 28 bis, le protoplasma s'est rassemblé en deux masses sphériques constituant deux spores, on en

rencontre quelques-unes à l'état de liberté, elles mesurent $0,6 \mu$.

La description que nous venons de faire de cette Bactériacée rappelle, par certains détails, celle que nous avons donnée au sujet du *Cladothryx Martyi* (Fig. 3, 4, 5, 6 du texte), celui-ci présente en effet plusieurs phases dans son évolution, nous l'avons

FIG. 28.



Bacillus collétus, au milieu de la figure on distingue plusieurs chaînettes formées d'articles diplosporés.

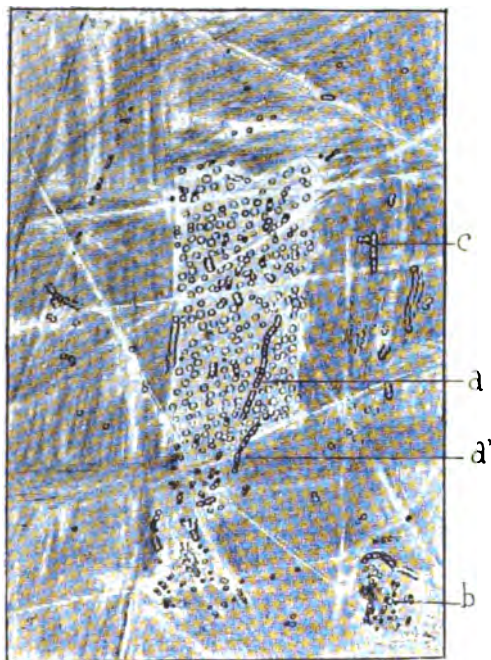
Gros. $\frac{650}{1}$

rencontré sous forme de chaînettes et de Bacilles isolés (Fig. 4, 5 et 29 du texte). Les articles mesurent $2,5$ de longueur et $1,2$ de largeur. Dans chacun d'eux, le protoplasma donne naissance à deux arthrospores dont le diamètre est $0,8 \mu$.

Ces caractères sont communs aux deux Bactériacées vivante et fossile ; cette dernière toutefois présente des

dimensions un peu plus faibles pour ses articles et ses spores; de plus, elle n'a pas montré la phase d'évolution correspondant à la forme du *Cladothryx*. Mais, si l'on réfléchit que cette phase est assez rare chez la Bactériacée vivante, où nous ne l'avons rencontrée que

FIG. 28 bis.

Chainettes de *Bacillus collétus* dans la houille d'*Arthropitus*.

Gros. $\frac{1200}{1}$

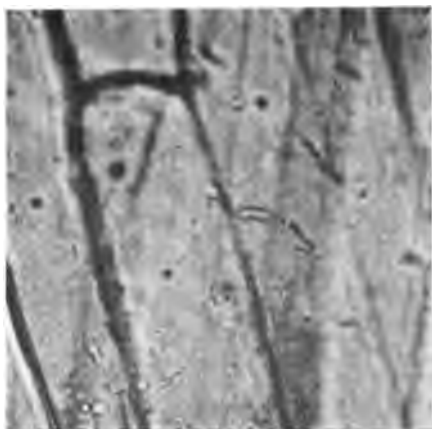
a, a', chaînettes formées de Bacilles la plupart diplosporés; *b*, groupe d'Arthros pores; *c*, chaînette avec un commencement de ramification.

quatre à cinq fois, qu'elle disparaît assez facilement par la désarticulation des trois branches constituant alors des chaînettes un peu plus stables, il n'y a rien de surprenant à ce que nous ne l'ayons pas observée

dans le petit nombre de préparations de houille où cette Bactériacée s'est rencontrée.

La rareté de la forme de *Cladothryx* dans la Bactériacée vivante provient sans doute d'un avortement de l'une des trois branches; en effet, on observe assez souvent, à l'intérieur des vaisseaux ligneux, des arthrospores groupées par trois en forme de triangle; si en s'allongeant simultanément elles donnent naissance à

FIG. 29.



Chainettes de *Cladothryx Martyi* dans du bois d'Aulne, un peu à droite du milieu de la figure.

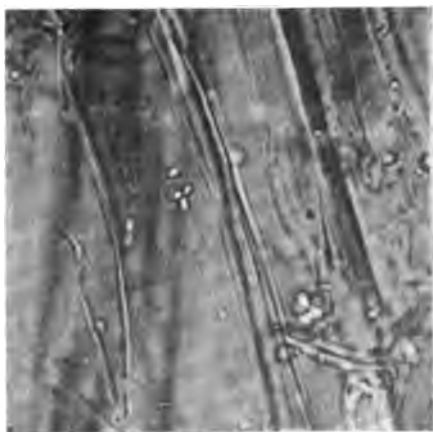
Gros. $\frac{650}{1}$

trois Bacilles, on obtient la disposition en étoile à trois rayons représentée FIG. 30; la division s'effectuant à peu près également pour chacun d'eux, la phase adulte a, FIG. 3, p. 895 apparaîtra, mais le plus souvent l'une des spores avorte, il n'y a que deux branches qui se développent inclinées plus ou moins l'une sur l'autre (b FIG. 4 et a FIG. 5 du texte), d'autres fois l'écartement des deux branches augmente et la Bactériacée prend

une forme arquée, quelquefois rectiligne, mais fréquemment on distingue en un point de la longueur la spore qui a avorté.

Malgré les rapprochements que nous avons faits entre la Bactériacée houillère et le *Cladothryx Martyi*, nous croyons que l'on ne doit pas les confondre pour le moment, mais attendre une étude plus complète qui augmentera peut-être leurs caractères communs.

FIG. 30.



Cladothryx Martyi dans un fragment de bois d'Aulne.

Gros. $\frac{1500}{1}$

On voit, sur la figure, l'origine des trois branches du *Cladothryx*, groupées en étoile à trois rayons.

Nous distinguerons cette Bactériacée nouvelle sous le nom de *Bacillus collétus* (1).

Cette espèce est assez répandue dans la houille d'*Arthropitus* et est remarquable par ses articles diplosporés soudés en chainettes.

(1) κολλήτος, soudé.

On voit encore sur la FIG. 10, PL. XXIV, en *b* par exemple, d'autres chaînettes qui peuvent être interprétées comme des Streptocoques, formés d'un nombre variable d'individus et présentant des formes diverses, rectilignes ou arquées; les éléments qui les composent ont $0,5\ \mu$ environ, il est donc impossible, après la dissémination des spores, de les distinguer des Microcoques de même taille que nous avons désignés sous le nom de *M. Carbo*; nous ne voyons qu'un seul caractère qui puisse les différencier, c'est que les spores sont libres, les Microcoques, au contraire, sont engagés dans l'épaisseur des épaississements ou des membranes communes.

Sur la FIG. 12 PL. XXIV, on distingue, à la loupe, un certain nombre de corps de forme coccoïde disposés en chaînettes rectilignes, arquées ou sinueuses, qui peuvent être également regardés comme faisant partie du même groupe. La préparation intéresse en *a*, la paroi d'une membrane moyenne, en *d* quelques restes d'une trachéide rayée d'*Arthropitus*, les épaississements correspondant aux ornements sont occupés par des Microcoques que la photographie a assez mal rendus. Les bandes longitudinales, claires, représentent les sections des membranes communes des trachéides voisines.

Au milieu de la masse de Microcoques accumulés dans les cavités creusées au sein des tissus détruits (FIG. 11, PL. XXIV), on voit des formes de passages, allongées ovoïdes de *Bacterium* et d'autres mieux définies de bâtonnets, *a*.

Cette forme de bâtonnet représente des Bacilles dont la longueur oscille entre $1,5\ \mu$ et $2,5\ \mu$, la largeur est de $0,7\ \mu$, arrondis à leurs extrémités, généralement isolés, quelquefois couplés par deux, munis d'une enveloppe noire, distincte, peu épaisse, au milieu de laquelle ils se détachent en clair; nous avons distingué ce Bacille sous le nom de *Bacillus Carbo* Var. A.

En même temps que les *Microcoques* mesurant $0,5 \mu$, que nous avons désignés sous le nom de *M. Carbo* Var. A, on en remarque d'autres, sur la même préparation, plus volumineux ; ce sont des cellules sphériques mesurant 1μ à $1,5 \mu$, tantôt isolées, tantôt sous la forme de diplocoques. Cette variété est associée à la première et se rencontre tout aussi bien dans la houille de Commentry que dans celle de Saint-Etienne et de la Bouble.

Nous la rapprochons du *M. Carbo*, sous le nom de *M. Carbo* Var. B.

Pour compléter et confirmer les résultats obtenus sur la répartition des Bactériacées à l'intérieur des bois houillifiés nous avons exécuté une série de coupes transversales dans des bois déterminés au préalable ; les FIG. 13 à 16 (PL. XXIV) représentent plusieurs de ces sections photographiées.

La FIG. 13 est une portion de bois de *Calamodendron striatum* de Saint-Etienne. On sait que dans ce genre, le cylindre ligneux est formé de bandes rayonnantes allant du centre à la périphérie et composées alternativement de trachéides ponctuées ou rayées, et de cellules prosenchymateuses, de façon que chaque bande ligneuse est accompagnée sur les côtés, d'une lame de ce dernier tissu.

La portion figurée appartient à une bande de tissu prosenchymateux. On remarque que ce tissu est lui-même composé de files rayonnantes parallèles de couleur foncée a, et séparées par de minces filets blancs b, représentant les sections transversales des membranes moyennes ; avec une loupe on verra que chacune de ces files se divise à son tour en petites masses noires, irrégulières, souvent contournées en S, séparées entre elles par un très mince filet blanc, représentant encore la section de la membrane moyenne entourant le cylindre

de houille qui remplit chaque trachéide et dont la section produit chacune des petites masses noires à contours irréguliers dont nous venons de parler.

Le grossissement n'est que de 270 diamètres, il ne permet pas de distinguer les Microcoques qui se trouvent dans l'épaisseur des membranes.

Sur la Fig. 14 plus grossie (650 fois) et qui se rapporte à une portion de bande ligneuse, on voit ces microorganismes.

L'intérieur des trachéides est rempli de houille *a*, limitée par la membrane commune, celle-ci contient des Microcoques, comme on peut le voir en *b*. Il n'est pas rare d'en rencontrer des amas considérables, *c*, disposés sur des lignes rayonnantes irrégulières; ces amas se remarquent dans les rayons cellulaires qui séparent les files de trachéides et dans ceux qui divisent en deux parties, les bandes prosenchymateuses. Nous donnons (Fig. 31 du texte), sous un grossissement de 800 fois, une section transversale d'un fragment de bois de Calamodendron; elle comprend deux rangées de trachéides ligneuses appartenant à une des lames rayonnantes et quatre rangées de cellules prosenchymateuses qui alternent avec les bandes de bois.

On voit sur la figure quatre trachéides (*a*, *b*) groupées deux par deux; des deux couples autrefois disposés en ligne radiale, l'un chevauche actuellement sur l'autre, à la suite d'une compression latérale éprouvée par la tige et qui a déterminé un glissement manifeste.

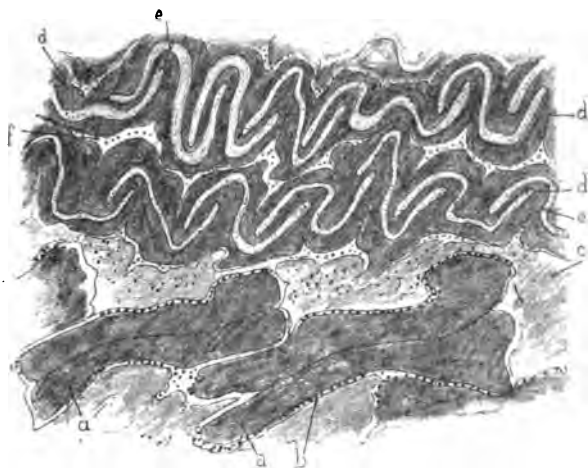
La paroi commune des deux trachéides qui forment un couple est à peine visible; on n'y distingue pas de Microcoques. Les parois latérales *b* qui étaient en contact avec les rayons cellulaires ligneux en montrent, au contraire, un assez grand nombre. L'intérieur des trachéides *a*, est rempli d'une substance noire qui n'est pas autre chose que de la houille.

Les déchirures *c* entre les éléments ligneux, produites par la compression, ont été remplies de matière fondamentale.

Le tissu prosenchymateux a subi une déformation plus grande que celle du tissu ligneux.

Les deux bandes que l'on voit à la partie supérieure de la figure sont séparées par un rayon cellulaire *f* qui, dans les préparations silicifiées, se compose de deux

FIG. 31.



Coupe transversale d'un fragment de bois de *Calamodendron* de Commentry

Gros. $\frac{800}{1}$

elle intéresse deux rangées de trachéides ligneuses *a*, *b*, et deux rangées de cellules prosenchymateuses *d*, qui séparent les coins de bois dans ce genre fossile.

rangées de cellules en épaisseur ; ici, le rayon ne contient plus aucune cellule visible, mais seulement des Microcoques.

Les lignes claires *e*, repliées en forme d'S irréguliers, représentent les cavités des cellules prosenchymateuses, qui n'ont pas disparu complètement comme cela est arrivé pour les cellules ligneuses, peut-être à cause d'une

résistance plus grande de la houille produite par la nature différente du tissu. Malgré cette résistance, les cellules des lignes prosenchymateuses comprimées ne se sont pas séparées et n'ont pas glissé les unes sur les autres, comme cela est arrivé pour les éléments ligneux *a, a* ; mais elles se sont repliées en zigzag sur elles-mêmes et ont produit les bandes extrêmement tourmentées et sinueuses que l'on voit sur la figure. Les parois des cellules ont donné une couche notable de houille *d, d*, et il est impossible de distinguer de séparations entre les couches en contact de deux cellules voisines ; cette remarque, ainsi que les plissements que les parois houillifiées ont subis, prouvent que la houille a possédé, au moins pendant quelque temps, assez de plasticité pour céder, sans se fracturer et sans perdre les traces de son organisation, aux pressions extérieures.

L'examen de la FIG. 31 du texte et 14 PL. XXIV prouve en outre l'existence des Bactériacées dans les rayons cellulaires qui séparent les séries radiales des trachéides ligneuses et des bandes prosenchymateuses.

Les FIG. 15 et 16, PL. XXIV, représentent des sections transversales de bois d'*Arthropitus*. Les deux bandes claires qui traversent obliquement la FIG. 15 correspondent à deux rayons cellulaires ; on sait que dans l'*Arthropitus bistriata*, les coins ligneux sont séparés non plus par des lames prosenchymateuses, comme chez les *Calamodendrons*, mais par des lames épaisses de cellules parenchymateuses qui, dépourvues de couches d'épaississement, n'ont pu donner de houille fortement colorée ; ces rayons contiennent un grand nombre de Microcoques.

Les cylindres de houille contenus dans les trachéides présentent des sections très irrégulières, ils sont entourés d'une ligne sinueuse, plus claire, de faible épaisseur,

représentant la section de la membrane commune ; en certains points de cette ligne, on distingue quelques Microcoques.

Ces organismes sont bien plus visibles sur les membranes ; dans la Fig. 16, *b*, ils y sont très nombreux, presque contigus, et semblent former des chaînettes sinueuses.

Dans les parties plus claires de la figure, il semble que la houille elle-même contient une certaine quantité de ces microorganismes, mais les plissements éprouvés par les vaisseaux ligneux, les déformations qu'ils ont subies, pourraient faire naître le doute sur la réalité de leur présence dans la houille même, et faire supposer que ce sont ceux des rayons cellulaires qui ont été en partie entraînés. Nous reviendrons sur ce sujet.

Il n'y a pas seulement le tissu ligneux et prosenchymateux qui, on se transformant sous l'influence bactérienne, ait pu donner de la houille. Les tissus subéreux si abondants à cette époque dans les écorces de Sigillaire, de Lépidodendrons, etc., en ont produit des quantités considérables.

Nous représentons, Fig. 32 du texte, une coupe transversale d'une partie de l'écorce d'une Sigillaire. On sait que l'assise subéreuse peut atteindre douze à quinze centimètres d'épaisseur sur les vieux troncs, que les cellules de liège terminées en biseau aux deux extrémités sont disposées en bandes verticales qui en se rapprochant les unes des autres et en s'écartant ensuite, forment un réseau à mailles plus ou moins allongées remplies de cellules parenchymateuses ; la figure représente la section transversale de l'une de ces bandes. Les cellules subéreuses sont comprimées, la compression moindre au bas de la figure s'est accentuée de plus en plus, en allant de bas en haut où la cavité

des cellules finit par disparaître et par produire une houille dépourvue de structure apparente, les Microcoques ne sont visibles qu'à l'intérieur des cellules inférieures, les parois n'en montrent pas.

Sous l'influence d'une compression un peu forte, la structure organisée de la houille peut donc être dissimulée complètement.

L'étude que nous venons de faire sur des sections de

FIG. 32.



Coupe transversale faite dans une écorce de Sigillaire houillifiée et partiellement écrasée.

Gross. $\frac{220}{1}$

bois houillifiés divers met hors de doute l'existence de nombreux Microcoques dans l'intérieur des rayons cellulaires et dans les membranes communes des cellules et des vaisseaux. L'impossibilité où nous avons été pendant longtemps de découvrir des Bactéries dans les cylindres de houille contenus dans les vaisseaux, nous

avait fait supposer que ces organismes, après avoir envahi les bois, par les rayons cellulaires, avaient ensuite pénétré dans les membranes moyennes et attaqué les épaississements de dehors en dedans en les transformant peu à peu en houille.

La difficulté de les apercevoir dans les cylindres de houille tels que ceux représentés en a, FIG. 2, 4, 8, PL. XXIV provient de l'opacité des préparations houillifiées d'une part, et de l'autre de la petite dimension des Cocci qui ne dépasse pas $0,5\ \mu$, ils ne sont visibles, d'ailleurs, que parce qu'ils sont moins colorés que la matière dans laquelle ils se trouvent ; si celle-ci est rendue trop transparente par l'aminçissement, un autre écueil se présente, il n'y a plus contraste suffisant et ils ne sont plus distincts.

Nous avons pu tourner la difficulté en opérant sur de la houille minéralisée par la silice qui présente une ténacité bien plus grande, et une opacité moindre, puisqu'elle a été un peu diluée dans la substance minéralisante.

On rencontre quelquefois, dans les schistes, les grès houillers, dans le boghead, des fragments de troncs dont une partie est houillifiée seulement, et dont l'autre en outre est minéralisée ; la partie houillifiée peut avoir été comprimée, les cellules et les vaisseaux cédant à la pression se sont écrasés, et leur examen est aussi pénible que celui des troncs houillifiés ordinaires non pétrifiés. Dans la région minéralisée au contraire, les parois des cellules et des vaisseaux également houillifiés, ont été soutenues par la matière incrustante, et ne se sont pas affaissées, la houille qu'elles renfermaient n'est pas sortie des membranes moyennes non déchirées, de plus elle semble avoir été diluée partiellement par le liquide minéralisateur.

Sur une coupe transversale d'un bois de Cordaïte

silicifié des Thélots près Autun (1), les parois des trachéides ont conservé une épaisseur presque normale, mais elles sont divisées en filaments, ou en feuillets concentriques colorés en brun, rappelant le genre de travail de désorganisation que nous avons signalé précédemment dans un bois de Conifère des lignites de Durfort (Fig. 1 et 2, PL. XVI) et que nous avons attribué à l'exfoliation de couches successives d'épaississement. La Fig. 1, PL. XXV qui est une coupe transversale de bois de Cordaïte des Thélots contient quelques trachéides dont les parois sont formées de minces couches concentriques. Les coupes représentées figures 3 et 6 offrent des tranches longitudinales sur lesquelles le microscope montre des *Cocci*. Dans la figure 1, les sections des trachéides sont les unes incolores, les autres faiblement colorées, dans d'autres, enfin, l'intérieur est complètement noir. On peut constater la présence de Microcoques sur les sections peu foncées en c, par exemple, là où la houille est suffisamment transparente. Ces microorganismes apparaissent plus nettement en b, sur la figure 2, grossie 650 fois. Partant de la houille éclaircie où on peut les suivre, pendant quelque temps, ils se dirigent en rayonnant vers le bord externe des trachéides.

Les figures 3 à 6 qui se rapportent à des sections longitudinales apprennent que les cylindres de houille qui garnissent l'intérieur des trachéides ne sont pas

(1) Nous devons à M. Cambray, ingénieur de la Compagnie Lyonnaise des schistes bitumineux d'Autun, un tronc de Cordaïte recueilli au milieu de la couche de boghead qui présente les particularités suivantes : Les tissus étaient houillifiés partiellement et quelques-uns s'étaient déjà affaïssés sur eux-mêmes quand la pétrification s'est produite, celle-ci les a conservés en pénétrant même dans la partie comprimée, tels qu'ils étaient au moment de l'arrivée des eaux minéralisantes.

continus ; ils se présentent en tronçons séparés par des espaces clairs, comme si avant d'être pétrifiés ils avaient subi quelque retrait en longueur et en largeur. Cette division en tronçons séparés par des intervalles transparents, explique l'aspect que présente la figure 1 dont les trachéides offrent des sections tantôt incolores, tantôt noires. On peut constater que là où les portions de cylindre sont coupées obliquement, elles montrent dans les parties devenues transparentes, *b* FIG. 3, *b* FIG. 6, les Microcoques en grand nombre et avec netteté. La FIG. 5 les offre dans la houille en *a*, et dans la membrane moyenne en *b*.

De l'examen qui précède, on peut conclure que les cylindres de houille contenus à l'intérieur des trachéides renferment des Bactériacées en grande quantité, et que si on ne les voit pas dans les préparations ordinaires cela tient surtout à leur opacité.

FIG. 33.



Coupe d'une portion de bois houillifié en grande partie désorganisé.

Déjà, toutefois sur des coupes longitudinales faites dans des bois houillifiés, FIG. 3 et 6 PL. XXIV, ayant conservé des traces évidentes d'organisation, ou très altérés, FIG. 33 du texte, on pouvait soupçonner l'existence des Microcoques répartis dans la houille même provenant des épaississements ; mais comme le plus souvent les éléments ligneux se présentent écrasés, il était à craindre que les Microcoques des membranes moyennes b, FIG. 4, 8, PL. XXIV ne fussent venus se mélanger à cette houille. Les échantillons silicifiés n'ayant pas été écrasés, cette crainte disparaît.

Les Bactériacées ne sont donc pas localisées dans les membranes communes où elles apparaissent tout d'abord à cause de la transparence relative de cette région, mais peuplent également la houille qui provient des épaississements ; il est clair que si la compression supportée par les tissus a été assez grande pour briser les membranes moyennes, les différents cylindres de houille qui y étaient contenus ont pu se souder, former une masse à peu près homogène qui, si elle n'a pas été minéralisée comme dans le cas que nous venons d'examiner, ne permettra de reconnaître que très difficilement les Bactériacées qu'elle renferme.

Si dans les échantillons non silicifiés représentés FIG. 2, 4, PL. XXIV, les cylindres de houille ne se rencontrent pas en paquets ou en tronçons, comme ceux que l'on voit FIG. 3, 4, PL. XXV, mais remplissent entièrement l'intérieur des trachéides, cela tient à ce que les parois encore souples des trachéides ont pu suivre le mouvement de contraction du contenu, et que la pression qui a provoqué leur déformation très visible, a été suffisante pour qu'aucun vide ne pût se produire. Dans les échantillons silicifiés, au contraire, les parois des trachéides maintenues suffisamment par la matière minéralisante ne se sont pas affaissées et

n'ont pas diminué de volume comme la houille qui y était contenue, celle-ci s'est séparée des parois latérales, et s'est divisée en fragments par des ruptures transversales irrégulières.

Dans la formation des tourbes nous avons indiqué que beaucoup de vaisseaux ou de fibres ligneuses se remplissaient d'une sorte de pulpe provenant de la destruction des épaissements sous l'action microbienne, et renfermaient un nombre considérable de Bactériacées. Cette pulpe peut être considérée comme analogue à la houille contenue dans les membranes communes des vaisseaux et des cellules des bois houillifiés, mais elle n'en possède ni la couleur, ni la composition. Un autre rapprochement entre les tourbes et les houilles apparaît dans le fait suivant que nous avons observé dans un échantillon de Saint-Etienne et qui présente un certain intérêt : c'est la présence à l'intérieur de trachéides d'*Arthropitus* houillifiés, de longs filaments mycéliens rectilignes ou sinueux quelquefois pelotonnés sur eux-mêmes, il y en a de plusieurs grosseurs ; les uns, Fig. 34 du texte, mesurent $4,5\ \mu$ de diamètre, les parois sont épaisses de $1,4\ \mu$, d'aspect coriace, de couleur rouge brun ; elles paraissent intactes et non corrodées par les Bactériacées, le canal central a un diamètre de $1,62\ \mu$.

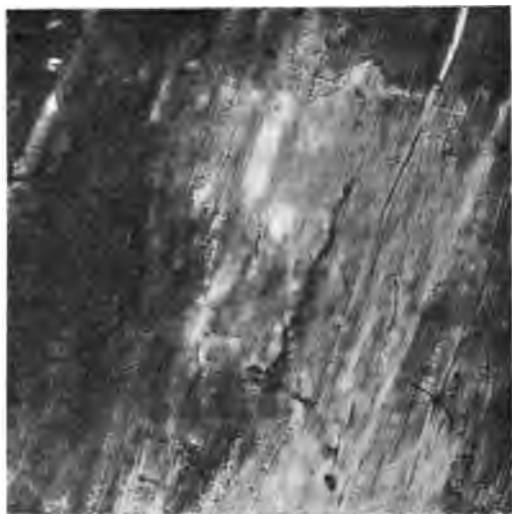
D'autres filaments sont plus grêles et ne mesurent que $2,7\ \mu$ de diamètre ; comme les premiers, ils se présentent avec de nombreuses sinuosités, forment des boucles de grandeur variable et se ramifient quelquefois ; leur couleur est moins foncée que celle des précédents, mais elle est de même nuance que les parois des trachéides profondément altérées qui les contiennent. Nous désignerons les premiers filaments mycéliens sous le nom de *Hyphomycetes stephanensis* et les seconds sous celui de *Hyphomycetes stephanensis* var. α .

Les formes coccoides sont nombreuses sur et dans

les parois des vaisseaux et des cellules qui montrent de fréquentes érosions, les filaments mycéliens ne paraissent nullement corrodés, on ne voit à leur intérieur ni à leur surface aucune Bactériacée, ils ne semblent pas avoir été houillifiés. Leur coloration peut provenir de leur imbibition par la matière fondamentale qui a coloré de même ce qui reste du tissu ligneux environnant.

Nous avons signalé dans le bois des tourbières de

FIG. 34



Bois houillifié dans lequel se sont développés des filaments mycéliens d'*Hyphomycetes stephanensis*.

nombreux filaments de champignons. Les uns mesurent 4 à 5 μ de diamètre, les autres 1, 5 μ seulement, nous en avons figuré plusieurs, PL. XI FIG. 4, PL. XII FIG. 14, dont l'aspect est exactement le même que ceux que nous venons de décrire dans des bois transformés en houille ; ils étaient intacts comme ceux-ci quoique entourés de nombreuses formes coccoïdes.

On peut conclure de ces exemples que la substance des Champignons contenus dans les bois des tourbières actuelles, ou dans les bois de l'époque houillère est très difficilement détruite par les Bactériacées.

Il est évident que les Hyphomycètes ont pénétré dans les bois des Arthropitus avant leur houillification, on peut donc admettre comme démontré que ces bois ont séjourné quelque temps dans les étangs peu profonds et marécageux avant d'être transportés dans des lacs où la houillification s'est terminée.

Contraction éprouvée par les différents éléments organiques végétaux pendant la houillification. —

Nous avons admis deux phases successives, dans la houillification des végétaux : la première comprenant les modifications chimiques qui ont amené les éléments organiques à la composition des houilles ; la deuxième purement mécanique qui en comprimant ces éléments souvent complètement désorganisés et transformés leur ont fait acquérir la densité, la dureté, en un mot les propriétés physiques actuelles. Comme nous l'avons fait remarquer, la houille n'a pas été fluide, dans toute sa masse, mais seulement plastique ; c'est en perdant de l'eau, au milieu de terrains perméables, schistes, grès, qu'elle a cessé d'être molle et malléable comme la tourbe faite.

Si aux époques anciennes les parois des cellules étaient formées comme de nos jours de composés pectiques, de cellulose imprégnée de galactane, d'acide tannique, etc., il est vraisemblable que ces divers composés, différemment altérables, ont été transformés soit en produits gazeux, soit en produits solubles, soit en produits fixes et insolubles.

Pendant cette transformation la masse de la matière

végétale allait en diminuant ; toutefois le volume apparent pouvait rester sensiblement le même.

La silice et le carbonate de chaux nous ont conservé un grand nombre de ces plantes plus ou moins altérées dans leur composition ; les préparations faites dans leurs tissus montrent que les cellules et les vaisseaux ont gardé sensiblement leurs dimensions primitives, mais que leurs parois ayant perdu une notable partie de leur substance, ont pris un aspect spongieux.

Nous rappellerons, comme exemple remarquable, un *Arthropitus gallica* recueilli à Saint-Etienne par M. Grand'Eury, il est houillifié, mais une partie a été maintenue intacte par le carbonate de chaux.

Quand la pétrification a commencé, la plante, déjà transformée en houille, avait conservé partiellement son volume primitif, sauf du côté par lequel elle reposait sur le fond et qui s'était aplati. Les éléments organiques quoique altérés sont restés reconnaissables, et on peut comparer leurs dimensions respectives en les choisissant dans différentes régions.

Une trachéide pétrifiée prise à la périphérie du cylindre ligneux mesure dans le sens radial $80\ \mu$ de largeur, et dans le sens tangentiel $40\ \mu$; l'épaisseur des parois spongieuses $4\ \mu$; la distance des raies sur les parois des trachéides est de 7 à $8\ \mu$.

L'aplatissement partiel antérieur à l'arrivée des eaux carbonatées a été maintenu par la minéralisation de cette région ; les trachéides écrasées offrent dans le sens du rayon $16\ \mu$, dans le sens tangentiel $10\ \mu$, et l'épaisseur des parois n'atteint que $2\ \mu$. La distance des raies sur les trachéides est de 6 à $7\ \mu$. Comme on le voit la diminution de la section transversale des trachéides est beaucoup plus sensible que celle de leur longueur qui est restée presque la même. La compression a eu pour effet de rapprocher les parois, de les amener au

contact et de diminuer leur épaisseur de moitié ; la surface de la section est devenue 20 fois plus petite.

Quelques *Arthropitus bistrata* silicifiés nous ont donné pour la largeur des trachéides, comptée dans le sens du rayon, de 45 à 60 μ suivant qu'elles sont plus ou moins rapprochées de la périphérie. Sur des *Arthropitus bistrata* houillifiés nous avons trouvé 20 à 23 μ . La distance des raies dans les *Arthropitus* silicifiés étant de 7,5 à 8,5 et restant égale à 7 μ pour les troncs houillifiés.

Le bois de Calamodendrons, comme on le sait, est composé de deux parties distinctes, l'une vasculaire qui constitue le bois ordinaire, l'autre prosenchymateuse qui sous forme de lames rayonnantes sépare verticalement les coins ligneux, du centre à la périphérie.

Les trachéides peuvent atteindre 70 μ dans le sens radial, et 40 μ dans le sens tangentiel ; les mêmes éléments houillifiés donnent seulement 16 et 15 μ , l'épaisseur des parois est réduite à 2 μ . La surface des sections des trachéides houillifiées est douze fois plus faible que celle des trachéides minéralisées.

Les cellules prosenchymateuses minéralisées fournissent suivant les mêmes directions 40 μ et 36 μ et à l'état de houille non minéralisée 10 et 5 μ . Le rapport des surfaces est de $\frac{1}{28}$.

Les Cordaïtes donnent les chiffres suivants. La largeur des trachéides silicifiées est, dans le sens radial, de 30 μ ; quand elles sont houillifiées elle n'est plus que de 12 μ ; les aréoles mesurent 10 μ dans le premier cas, 8 μ dans le second. Les distances des centres de deux ponctuations voisines sont respectivement de 12 μ et de 10 μ .

Les exemples que nous venons de citer sont

suffisants pour prouver que quelles que soient les causes de la houillification, les éléments organiques, en subissant les transformations chimiques qui ont modifié leur composition, ont perdu une grande partie de leur substance.

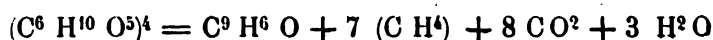
Cette déperdition n'amenait pas nécessairement comme nous l'avons fait remarquer, la diminution du volume apparent de cellules et des vaisseaux dont les parois prenaient une consistance moins dense, plus molle ; la réduction du volume nous le répétons, a été le résultat d'une compression ultérieure au sein d'un milieu solide perméable qui a déterminé l'aplatissement la dessiccation, le retrait et l'amincissement des parois latérales des éléments organiques, dont la longueur, au contraire, ne variait que dans des limites peu étendues (1).

L'amincissement des parois des cellules doit être en rapport avec le degré d'altération subie par la matière végétale, plus l'altération est profonde, plus la diminution est sensible. Pour certains des exemples que nous avons cités plus haut ou mentionnés dans d'autres mémoires, la diminution est telle que la houille de bois n'occupe plus que $\frac{1}{12}$, $\frac{1}{15}$, $\frac{1}{30}$ du volume du bois non altéré qui lui a donné naissance. Cette contraction représente non seulement la diminution de volume résultant du changement de composition de la cellulose et de ses polymères qui ont perdu une certaine quantité de leurs éléments, mais encore celle provenant de la disparition de la cavité des trachéides et des cellules

(1) Les troncs d'arbres se déposant généralement à plat, c'est leur épaisseur plutôt que leur longueur qui a dû, en effet, diminuer quand ils ont été comprimés par les sédiments supérieurs.

dont les parois amincies se sont rapprochées faisant disparaître le vide intérieur.

La houille pure provenant de bois de Cordaïte dont nous donnons plus loin l'analyse, peut être représentée par la formule approchée $C^9 H^6 O$, l'équation qui représente les réactions ayant amené la cellulose à la composition de la houille serait :



en admettant que la cellulose seule ou ses isomères aient fourni le carbone, l'hydrogène et l'oxygène.

Le poids de la houille produite représente 20 p. % de celui de la cellulose, ou $\frac{1}{5}$, seulement, les $\frac{4}{5}$ se sont dégagés à l'état de gaz ou d'eau ; il est clair que si la houille avait conservé le volume primitif de la cellulose, elle posséderait sous ce volume une quantité de carbone et d'hydrogène très inférieure, et son pouvoir calorifique serait bien moins grand ; mais il n'en est rien ; comme nous venons de le voir, la diminution au contraire a été considérable. En prenant les chiffres fournis par la contraction du bois de l'*Arthropilus gallica*, cité plus haut, on trouve que le volume de la houille est environ 20 fois plus petit que le volume primitif de la trachéide qui l'a fournie ; en attribuant les $\frac{2}{5}$ de la diminution à la disparition de la cavité de celle-ci, on voit que l'on serait conduit à admettre que le $\frac{1}{5}$ du poids primitif de la cellulose, représenté par $C^9 H^6 O$, composé surtout de carbone et d'hydrogène, se trouverait condensé dans un volume six fois plus petit : condensation suffisante pour expliquer, d'une part, la supériorité du pouvoir calorifique de la houille sur celui de la cellulose et, d'autre part, son infériorité au point de vue de la densité. La densité de la cellulose est 1,47, celle de la houille 1,26 à 1,29.

Nous devons faire une remarque importante montrant que les Bactériacées rencontrées dans l'intérieur des tissus houillifiés n'ont pas été transformées en houille ; en effet, les dimensions que nous leur avons trouvées sont sensiblement les mêmes que celles des Bactériacées contenues dans les bois silicifiés et dont nous nous occuperons plus loin ; il est certain que si le diamètre des Microcoques, 0,5 à 1 μ , et la longueur des Bacilles, 1,8 à 2 μ , avaient été réduits dans les mêmes proportions que les cellules végétales qui se sont houillifiées, ils seraient devenus complètement invisibles, même dans des milieux non colorés.

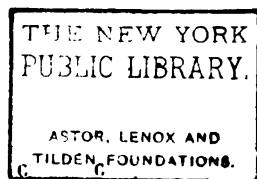
Les chiffres que nous avons donnés prouvent que la diminution de volume des éléments végétaux est considérable, mais aussi qu'il n'est pas possible de fournir un chiffre constant pour exprimer ce changement de volume correspondant à divers degrés d'altération.

Le microscope montre en effet que les cellules, vaisseaux, fibres, etc... sont plus ou moins altérés ; beaucoup de points d'une même préparation présentent avec des traces d'organisation, des régions sans structure, où tous les éléments semblent comme confondus dans une masse plus ou moins homogène.

Ces degrés divers dans l'altération des tissus expliquent les différences que l'on remarque dans la composition des houilles dont nous allons rappeler quelques analyses.

TABLEAU I

ANALYSES DE QUELQUES HOUILLES



	C	H	O	Az.	$\frac{C}{H}$	$\frac{C}{O}$
<i>Houilles grasses.</i>						
Alais	89,27	4,85	4,47	1,41	18,1	20
Rive-de-Gier	87,85	4,90	4,29	2,96	17,9	20
<i>Houille à longue flamme.</i>						
Epinac.	81,12	5,10	11,25	2,53	15,9	7,2
Commentry.....	82,72	5,29	11,75	0,24	15,5	7
<i>Houille sèche à longue flamme.</i>						
Blanzy	76,48	5,23	16,01	2,28	14,6	4,7

REGNAULT.

	C	H	O	Az.	MOYENNE $\frac{C}{H}$	MOYENNE $\frac{C}{O}$
<i>Houille sèche à longue flamme.</i>						
75 à 80	4,5 à 5,5	15 à 19,5	0,5 à 0,6	15,5	5,5	
<i>Houille grasse à longue flamme.</i>						
80 à 85	5 à 5,8	10 à 14	0,6 à 0,68	15	6,8	
<i>Houille grasse de forge.</i>						
84 à 89	5 à 5,5	5,5 à 11	0,68 à 0,74	16,4	11	
<i>Charbon à coke.</i>						
84 à 91	4,5 à 5,5	5,5 à 6,5	0,74 à 0,82	17,5	17,5	
<i>Houille maigre anthraciteuse.</i>						
90 à 93	4 à 4,5	3 à 5,5	0,82 à 0,90	21,5	21,5	
<i>Houille du Donetz-Kazenkoï-Tarets.</i>						
67,22	7,19	8,9				
<i>Houille du Donetz (Miouchi).</i>						
89,97	4,48	1,88				

GRUNER.

TABLEAU II

COMPOSITION DE LA HOUILLE DE PLANTES CONNUES
DÉTERMINÉES AVANT L'ANALYSE

	C	H	O	Az	$\frac{C}{H}$	$\frac{C}{O}$
1 Calamodendron.....	82,95	4,78	11,39	0,48	17,3	7,2
2 Cordaïte.....	82,84	4,88	11,84	0,44	16,9	7
3 Lepidodendron.....	83,28	4,88	11,45	0,39	17	7,2
4 Psaronius.....	81,64	4,80	13,11	0,44	17	6,2
5 Ptychopteris.....	80,62	4,85	14,53	—	—	—
6 Megaphyton.....	83,37	4,40	12,23	—	—	—

CARNOT.

D'après le tableau II, la composition élémentaire des divers échantillons est à peu près la même et pourtant on avait choisi des plantes éloignées dans l'échelle botanique, ou des parties de plantes très différentes. Pour les numéros 1 et 2, l'analyse a porté uniquement sur le bois ; pour le numéro 3, seulement sur la partie prosenchymateuse et subérifiée de l'écorce ; pour les numéros 4, 5, 6, sur des organes (racines) contenant une assez forte proportion de tissus prosenchymateux accompagnés de tissus mous.

La houille ordinaire (grande couche) de Commentry présente la composition suivante :

	C	H	O et Az	$\frac{C}{H}$	$\frac{C}{O}$
(Regnault)....	82,92	5,30	11,78	15,6	7
(Carnot).....	83,21	5,57	11,22	14,9	7,3

TABLEAU III

ANTHRACITES DIVERS

	C	H	O et Az	cendres	Moyenne.
Pensylvanie.....	90,45	2,43	3,45	4,17	$\frac{C}{H} = 32 \quad \frac{C}{O} = 32$
Pays de Galles....	92,56	3,33	2,53	4,58	
Mayenne.....	91,98	3,92	3,16	0,94	
La Mure.....	89,77	4,67	3,90	4,57	

Si l'on regarde la déshydrogénation et la désoxygénation totale, comme la limite vers laquelle tend la houillification des végétaux, on peut ranger les différentes houilles dont nous venons de rappeler la composition suivant le degré croissant de houillification.

TABLEAU IV.

	$\frac{C}{H}$	$\frac{C}{O}$	Formules approchées
Blanzv :			
Houilles sèches à longue flamme..	14,6	4,7	$C^6 H^5 O$
Houilles grasses à longue flamme...	15	6,8	—
Commentry :			
Houilles sèches à longue flamme....	15,5	5,5	—
Commentry (grande couche) :			
Houilles à longue flamme.....	15,5	7	$C^{10} H^8 O$
(Moyennes) Houilles à longue flamme	15,6	6,8	—
Epinac :			
Houille grasse à longue flamme.....	15,9	7	$C^{10} H^8 O$
Houille organisée (II ^m e tableau)	17	7	$C^9 H^6 O$
(Moyennes) Houille grasse de forge..	17	11	
(Moyennes) Charbon à coke	17,5	17,5	
Rive-de-Gier :			
Houille grasse.....	17,9	20	$C^{27} H^{10} O$
Alais :			
Houille grasse.....	18,4	20	$C^{27} H^{10} O$
Houille maigre anthraciteuse.....	21,5	21,5	
(Moyennes) Anthracites.....	32	32	$C^{10} H^{14} O$
— Cellulose... ..	7,2	0,9	$(C^6 H^{10} O^5)^n$

Les différentes espèces de houilles sont rangées dans l'ordre des pertes croissantes en hydrogène qu'elles ont éprouvées, les rapports $\frac{C}{H}$ vont en augmentant en passant des houilles sèches à longue flamme aux houilles grasses de forge, aux houilles grasses ordinaires, aux houilles maigres et à l'anthracite.

Les rapports $\frac{C}{O}$ qui expriment les pertes en oxygène vont également en croissant de l'une des extrémités à l'autre de ce tableau. La désoxygénation a marché sensiblement de front avec la déshydrogénation pour produire ces différentes qualités de houille.

Dans la formation des bogheads, au contraire, nous avons vu que la houillification n'avait été que partielle puisque l'oxygène avait entièrement disparu tandis que le rapport $\frac{C}{H}$ qui exprime la déshydrogénation était resté égal à 7, c'est-à-dire le même que celui de la cellulose. La houillification des bogheads a donc eu un caractère différent de celui qui a présidé à la formation de la houille proprement dite.

Les houilles sèches à longue flamme sont celles qui, relativement au carbone, renferment le plus d'hydrogène et d'oxygène; les houilles maigres ou anthraciteuses brûlant, au contraire, presque sans flamme, sont pauvres en ces deux gaz.

La composition de la houille de la grande couche de Commentry est exprimée par la formule approchée $C^{10}H^8O$; la houille fournie par le bois homogène d'une Cordaite serait représentée par l'expression C^9H^6O , l'anthracite par $C^{40}H^{14}O$, etc. Ces différentes formules ne peuvent être qu'approchées, car elles s'appliquent à des substances dont l'altération est plus ou moins avancée, et qui ne sont pas arrivées à une composition déterminée et fixe; les deux formules que nous donnons pour la grande couche de Commentry et pour des végétaux pris dans le voisinage de cette grande couche sont différentes, la houillification n'était pas arrivée au même degré, ce qui ne doit pas surprendre puisque le microscope nous a montré dans la houille ordinaire, des portions de végétaux inégalement altérés, les uns avec une

structure reconnaissable, les autres au contraire complètement désagrégés. La houille fournie par les bois de Calamodendron, de Cordaïte peut être considérée comme plus pure au point de vue chimique que celle qui résulte de la macération d'une variété de plantes et de leurs organes.

La houillification des bois qui sont inscrits dans le tableau II est plus complète, comme l'indique le tableau IV, que celle des végétaux de la grande couche. On doit en conclure qu'une houille provenant d'un bois de Cordaïte, de Calamodendron, d'*Arthropitus*, etc., encore déterminable par sa structure, peut être, malgré ces traces d'organisation, plus avancée, plus faite, que celle formée de débris divers, dans laquelle le microscope ne montre qu'accidentellement des organes reconnaissables.

Cette remarque a un certain intérêt, car les fragments de houille provenant de troncs d'arbres sont assez nombreux, leur diamètre atteint quelquefois près d'un décimètre.

La houillification ne s'est jamais arrêtée à la surface, elle est la même dans toute l'épaisseur; elle s'est produite non de dehors en dedans, mais pour ainsi dire simultanément dans toute la masse, comme si les causes qui ont amené les modifications chimiques des tissus végétaux avaient été internes et eussent agi sur chacun des éléments en respectant leur forme. Ces diverses remarques confirment nos observations antérieures et sont conformes au mode d'opérer des Bactériacées dont le nombre est illimité, et dont la petitesse permet d'attaquer un végétal plongé dans l'eau non seulement à la surface extérieure, mais encore dans l'intérieur en pénétrant par les extrémités.

Nous avons donné un peu plus haut une formule indiquant les réactions chimiques qui pouvaient transformer la cellulose en houille ayant la composition;

représentée par la formule $C^9 H^6 O$, nous avons choisi cette formule à cause de la pureté de la houille qui y a conduit ; en retranchant de 4 ($C^6 H^{10} O^5$) formule de la cellulose, sept molécules de CH^4 , huit de CO^2 et trois de H^2O , on obtiendrait un produit dont la composition serait $C^9 H^6 O$.

Or le départ de l'acide carbonique et de l'hydrogène carboné s'effectue dans un grand nombre de fermentations végétales, sous l'influence microbienne, nous ne citerons qu'un exemple fourni par les expériences de M. Dehérain, professeur au Muséum (1), sur les causes de la fermentation en présence de l'air de masses végétales abandonnées à elles-mêmes, telles que le fumier de ferme, composé, comme l'on sait, d'un mélange de paille et d'excréments liquides et solides du bétail.

Les conclusions de ce travail sont :

1° Que la paille ne s'oxyde énergiquement que sous l'influence d'un ferment figuré. Que cette oxydation peut élever la température du fumier jusqu'à 65° et 68°; par conséquent que les Microbes thermophyles peuvent travailler à une température relativement élevée.

2° Qu'à la partie supérieure des tas de fumier il ne se dégage que de l'acide carbonique et de l'azote, tandis qu'à la partie inférieure on ne rencontre que du formène, gaz des marais (grisou).

3° Les fortes élévations de température constatées dans le fumier ne s'observent qu'aux points où l'air peut pénétrer; elles sont dues à l'action de l'oxygène libre.

4° A l'abri de l'air le fumier de ferme éprouve une fermentation neutre avec dégagement de formène.

(1) *Annales agronomiques*, 11 février 1884.

5° Il peut éprouver également une fermentation acide avec dégagement d'hydrogène ; l'acide produit dans ce cas paraît être de l'acide butyrique.

6° Les expériences semblent indiquer qu'il existe au moins deux ferments anaérobies différents.

Au début, la fermentation semble donc être le résultat du travail de microbes aérobies produisant une oxydation énergique, un dégagement abondant d'acide carbonique et une élévation considérable de la température.

A cette première fermentation, dans les parties profondes, là où l'air ne peut pénétrer, succède une deuxième fermentation, celle-ci est due à la présence de microbes *anaérobies*, la température est moins élevée et elle est caractérisée par un dégagement de formène et d'hydrogène.

Nous ne prétendons pas que les plantes ayant donné naissance à la houille aient subi exactement les phases de la fermentation du fumier de ferme, car le milieu liquide dans lequel ces plantes ont été déposées rendait sans aucun doute ce genre de fermentation impossible, mais nous voyons que des dégagements successifs d'acide carbonique, de formène et d'hydrogène peuvent s'effectuer sous l'influence microbienne, aux dépens de la cellulose et modifier nécessairement sa constitution ; des différences notables existent, toutefois, entre les conditions dans lesquelles se sont effectuées les réactions, ainsi : la composition chimique des diverses houilles que nous avons donnée précédemment montre que le départ de l'oxygène et de l'hydrogène se faisait simultanément, puisque en passant de l'une à l'autre on remarque une diminution sensiblement parallèle de ces gaz, dans chacune d'elles. L'oxydation du carbone et de l'hydrogène ne pouvait se faire directement par l'oxygène de l'air puisque nous supposons les plantes recouvertes par les eaux ; les

microbes devaient travailler simultanément puisque nous rencontrons des Microcoques et des Bacilles dans les mêmes cellules. Enfin les Bactériacées de la houille que nous supposons anaérobies ont emprunté aux plantes elles-mêmes, l'oxygène et l'hydrogène dont elles avaient besoin

CONCLUSIONS

1° Dans les pages précédentes, nous croyons avoir démontré que la formation de la houille ne pouvait pas s'expliquer par des injections de bitume qui aurait pénétré, soit à l'état liquide soit à l'état de vapeurs, les portions souvent considérables de végétaux dispersés dans les schistes, dans les grès, ou rassemblés en couches plus ou moins puissantes dans les houillères. Ces injections auraient laissé en effet des traînées ou des traces de métamorphisme dans l'intérieur des grès ou des schistes ; de plus, les matières organiques végétales, plus ou moins décomposées, constamment humides au milieu des assises terrestres, étaient dans un état physique peu compatible avec une injection de matières goudronneuses. Si l'injection avait pu se faire, et si les végétaux étaient remplis de bitume, actuellement l'eau ne pourrait facilement pénétrer à l'intérieur de la houille ; cependant on sait qu'une lame mince de cette substance, collée sur une lame de verre, se gonfle au contact du liquide, se gondole et se détache ; une préparation faite dans un fragment de bitume ne présente rien d'analogue. Le goudron qui aurait injecté les végétaux n'aurait, vis-à-vis de tous les dissolvants connus, aucune des propriétés communes aux bitumes, asphaltes, brais, résines, gommes-résines, etc. Il y a, croyons-nous, beaucoup plus de raisons qui militent contre, que pour cette hypothèse.

2° Les cailloux de houille rencontrés dans les grès, les schistes et la *houille même*, nous ont prouvé que, puisqu'ils appartenaient au même bassin et renfermaient des plantes semblables à celles de couches d'origine plus récente au milieu desquelles on les rencontrait, la houillification des plantes n'exigeait qu'un temps relativement court. Entraînés des bords du bassin dans les régions plus profondes, encore en voie de formation, ils y ont été enfouis et on les retrouve avec des plantes qui peuvent être plus houillifiées qu'eux-mêmes ; le séjour qu'ils ont fait dans le sol depuis ce nouvel enfouissement n'a pas avancé leur houillification ; on peut en conclure que les végétaux, une fois arrivés à un certain degré d'altération, s'ils viennent à être soustraits aux causes qui ont produit cette altération, sont rendus insensibles à ces mêmes causes si, plus tard, ils y sont de nouveau soumis. Autrement dit les cailloux de houille en question, houillifiés en partie sur les bords du bassin de Commeny, n'ont pu continuer leur houillification après avoir été entraînés dans un milieu où d'autres plantes étaient en voie de se houillifier. Nous en avons déduit que les plantes arrivées à un certain degré de houillification, le conservaient si elles étaient enfouies assez profondément pour être protégées contre l'action de l'air.

Le temps ne paraît pas intervenir s'il n'est accompagné des véritables agents de la décomposition des plantes ; les cailloux de houille, quoique plus anciens, sont moins altérés que la houille même au milieu de laquelle ils se trouvent.

Etendant cette remarque aux lignites, nous avons dit que si ces combustibles fossiles ne sont pas devenus de la houille et si la houille ne s'est pas transformée en anthracite, ce n'est pas le temps qui aurait fait défaut,

mais les conditions de milieu qui n'ont pas été les mêmes, dès l'origine, pour chacun d'eux.

3° Nous avons admis deux phases distinctes dans la formation de la houille. La première renferme les diverses réactions chimiques qui auraient amené la matière végétale tantôt à l'état de houille, tantôt à l'état d'anhracite ; la seconde comprend la conservation (par enfouissement) de la matière organique au degré de houillification qu'elle avait atteint à ce moment, et le développement des propriétés physiques acquises sous l'influence d'une compression et d'une dessiccation graduelles.

4° Nous avons attribué cette compression simplement au poids des couches qui se sont déposées au-dessus des bancs de houille, et la dessiccation à cette même charge qui exerçait son action sur des matières molles supportées et recouvertes par des terrains perméables (sables et argiles) faisant l'office de filtre. Quant aux réactions chimiques, nous avons regardé les Bactériacées comme étant capables de les avoir engendrées.

5° Mais pour donner quelque crédit à cette opinion, il était indispensable de montrer que les houilles étaient peuplées de Bactériacées, et que ces organismes étaient suffisamment bien conservés pour qu'on puisse leur attribuer la houillification à laquelle eux-mêmes avaient échappé.

6° Nous avons montré que la houille oligocène de la Zsily renfermait des Bacilles, *Bacillus Zsilianus*, *Bacillus Grand'Euryi*, et de nombreux Microcoques.

Que le charbon de la Bouble (Saint-Eloi) contenait beaucoup de Microcoques dans la matière fondamentale, des menus débris de végétaux reconnaissables et quelques Bacilles.

Que celui de Decazeville était riche en fragments de

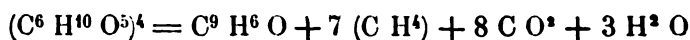
bois d'*Arthropitus*, de Cordaïtes, de feuilles, de fructifications diverses, peuplés de Bactériacées.

Tous les bois que nous avons examinés renferment des quantités considérables de *Micrococcus Carbo* une proportion moins grande de Bacilles et de Streptocoques ; toutefois, nous avons décrit plusieurs espèces : le *Bacillus carbo*, Var. A, Var. B, Var. C ; le *Bacillus collétus*, dont nous avons signalé les analogies avec les *Cladothryx* des tourbes ; des spores appartenant à divers Bacilles.

Les coupes transversales de bois houillifiés nous ont montré que les Bactériacées étaient visibles dans l'épaisseur des membranes moyennes des vaisseaux et des cellules dont elles dessinaient les contours, mais qu'on ne pouvait en apercevoir que difficilement dans le cylindre de houille remplissant la cavité des vaisseaux ; les préparations faites dans des bois transformés en houille puis silicifiés ont fait voir, au contraire, que ces cylindres rendus transparents étaient peuplés de Bactériacées ; leur invisibilité ordinaire résulte donc de l'opacité de la houille.

7° Nous avons signalé dans le bois houillifié d'*Arthropitus* la présence de filaments de Champignons saprophytes ne présentant qu'une très faible altération, se rapprochant beaucoup par la taille et le port des Champignons saprophytes du bois des tourbières, nous en avons déduit que la matière organique constituant les myceliums de certains Hyphomycètes était beaucoup moins attaquable par les Bactériacées que la cellulose constituant les cellules et les vaisseaux ligneux ; en second lieu, que l'invasion des Champignons étant antérieure à la houillification, les bois avaient dû séjourner dans des marais tourbeux avant d'être entraînés dans des lacs où la houillification s'est terminée.

8° En se transformant en houille, la matière organique a éprouvé une très grande contraction qui peut être comprise selon le degré d'altération entre 11/12 et 29/30 du volume primitif. La formule qui pourrait exprimer cette transformation est :



Le produit solide $C^9 H^6 O$ représente la houille formée et le 1/5 du poids de la cellulose, les 4/5 restant sont composés de formène, d'acide carbonique et d'eau qui se sont dégagés.

Si les Bactériacées que nous avons décrites avaient subi la houillification, au lieu de la produire, leur volume aurait diminué, dans une telle proportion qu'elles seraient invisibles ; elles ont la taille des Bactériacées houillères conservées par la silice.

9° La houillification peut être regardée comme une déshydrogénation et une désoxygénation qui, suivant les variétés de houille, sont plus ou moins complètes ; nous avons dressé un tableau commençant par les houilles sèches à longue flamme, continuant par les houilles grasses, les houilles de forge, les houilles maigres, et aboutissant à l'anhracite ; ces différentes variétés, classées d'après leur composition chimique, montrent que le départ de l'oxygène et celui de l'hydrogène sont simultanés, que l'élimination devient de plus en plus complète et tend vers une limite qui n'a peut-être jamais été atteinte.

10° Nous avons rappelé les expériences de M. Dehérain sur le fumier de ferme, montrant que les matières organiques végétales, soumises à la fermentation, perdent de l'acide carbonique, de l'hydrogène proto-carboné, de l'hydrogène, et s'enrichissent en carbone ;

nous avons fait remarquer toutefois que les végétaux de la houille avaient fermenté dans d'autres conditions et retenu seulement le fait de l'élimination d'acide carbonique, de méthane et d'hydrogène, sous l'influence de diverses Bactériacées.

Nous reviendrons sur la formation de la houille dans nos conclusions générales.

(A suivre.)

TABLE DES MATIÈRES

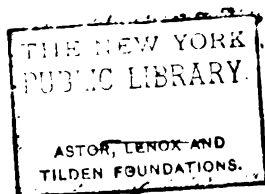
	Pages
Préface.....	866
Introduction.....	867
TOURBES (considérations générales).....	869
Puissance calorifique des tourbes.....	873
Analyse des tourbes.....	874
Mode d'établissement d'une tourbière.....	874
Superficie occupée par les tourbières.....	875
Âge des tourbières.....	876
Transformation des plantes en tourbe.....	878
Tourbière de Fragny	880
Tourbière de Louradou	888
Bactériacées	891
<i>Micrococcus paludis</i>	892
<i>Bacillus agilis</i>	893
<i>Bacillus rigidus</i>	893
Streptocoques.....	893
<i>Cladothryx</i>	894
<i>Cladothryx Martyi</i>	894
Champignons	899
<i>Hyphomycetes ramosus</i>	900
<i>Penicillium longicaule</i>	900
Tourbière de Forace (Jura).....	901
Tourbière de Flamerans	902
Tourbe de Saint-Mihiel (Açores).....	903
Tourbe de Jourdan (Landes).....	903
Tourbe du Jura	904
Tourbe de Septveilles	904
Résumé sur la composition des tourbes.....	905
LIGNITES (considérations générales).....	910
Combustibles lignitoides (composition).....	917
Lignite éocène de l'Hérault	920
Organismes animaux.....	921
Infusoires	921
<i>Aspidisca eocenica</i>	924
<i>Cineloconia crassa</i> Var. α	924

<i>Cinctoconia crassa</i> Var. β ..	925
<i>Ploesconia cycloïdes</i>	925
Vorticellides	927
Paramécides	927
<i>Keronina</i> (famille des).....	928
Organismes végétaux.....	929
Débris divers.....	929
Champignons	933
<i>Helminthosporium apioides</i>	933
<i>Helminthosporium substriiforme</i>	934
<i>Helminthosporium macrocarpum</i>	935
<i>Helminthosporium pupaeforme</i>	936
<i>Helminthosporium giganteum</i>	936
<i>Helminthosporium ellipsoïdale</i>	937
<i>Helminthosporium Hirudo</i>	938
<i>Macrosporium ropaloïdes</i>	939
<i>Morosporium lignitum</i>	941
<i>Morosporium elongatum</i>	942
Algues	943
Diatomées	943
<i>Frustulia araurisiensis</i>	943
Bactériacées	944
<i>Micrococcus lignitum</i>	945
Conclusions.....	947
Lignite de Coronel (Chili).....	948
<i>Helminthosporium macrocarpum</i>	948
<i>Helminthosporium corynoïdeum</i>	949
<i>Helminthosporium Hirudo</i>	949
Amiboïdes	950
Lignite de Saint-Martin-du-Mont	951
Lignite de Célas	952
Lignite de Dürfort	952
Lignite de Vicensé	955
Lignite de Sainte-Colombe (Yonne).....	957
Cuticules de Tovarkowo et de Malevka	958
<i>Bacillus moscovianus</i>	963
<i>Bacillus exiguus</i>	964
<i>Micrococcus Zeilleri</i>	963-967
Conclusions.....	967
Composition chimique des cuticules.....	969
SCHISTES BITUMINEUX RÉCENTS	971

Schistes bitumineux de Menat	971
Champignons	972
<i>Helminthosporium folliculatum</i>	972
<i>Helminthosporium trichellum</i>	973
<i>Helminthosporium regulare</i>	973
<i>Helminthosporium substriiforme</i>	973
Diatomées	975
<i>Amphora subovalis</i>	975
Schistes bitumineux du Bois d'Asson	976
Amiboides variés	977
<i>Dactylodiscus triangularis</i>	977
Champignons	978
<i>Diplosporium ovale</i>	978
<i>Helminthosporium obovatum</i>	978
<i>Macrosporium subtrichellum</i>	978
<i>Helminthosporium striiforme</i> Var. <i>majus</i>	979
<i>Helminthosporium nodosum</i>	979
<i>Sirodesmium sub-granulosum</i>	980
Diatomées	980
<i>Fragilaria dubia</i>	981
<i>Fragilaria laterc striata</i>	981
Menus débris végétaux.....	981
Schistes bitumineux d'Anina (Hongrie).....	984
<i>Mucedites aninaensis</i>	984
<i>Morosporium priscum</i>	985
<i>Pila liasica</i> ?.....	985
BOGHEADS	988
Boghead d'Autun	988
<i>Pila bibractensis</i>	991
Bactériacées	998
Composition du boghead d'Autun.....	1008
Bogheads australiens	1010
<i>Reinschia australis</i>	1010
Composition du boghead d'Australie.....	1015
Boghead d'Ermels (Transvaal).....	1017
<i>Reinschia capensis</i>	1018
Bogheads d'Ecosse	1022
<i>Pila scotica</i>	1022
<i>Thylax britannicus</i>	1028
Bogheads américains	1032
<i>Pila Kentuckyana</i>	1032

Charbons-bogheads russes	1034
<i>Subletrapedia russiana</i>	1035
<i>Pila Karpenskyi</i>	1037
Genre Cladiscothallus	1038
<i>Cladiscothallus Keppeni</i>	1039
Composition des charbons russes.....	1044
Quelques remarques sur les bogheads ..	1045
Transformations chimiques.....	1053
Conclusions.....	1056
CANNELS	1057
Cannels anglais	1060
Cannel Bryant	1060
Macrospores.....	1061
<i>Anthracomycetes cannellensis</i>	1064
Cannel Burghlée	1070
Cannel Niddrie	1070
Cannel Neuf-Attle	1071
Cannel Consolidation (Allemagne).....	1071
Cannel Lesmahagow (Angleterre).....	1072
Cannel d'Arniston (Angleterre).....	1073
Cannel Skaterigg (Angleterre).....	1073
Cannel de Teberga (Espagne)....	1073
<i>Pila lusitanica</i>	1075
Cannels américains	1077
Cannel de Cannelton (Nouvelle-Virginie).....	1077
Cannel de Natz-Creeck (Kentucky).....	1080
Cannel de Mercer station (Kentucky).....	1081
Boghead de Beaver-Dam (Kentucky).....	1082
Cannel Davis Creeck (Nouvelle-Virginie).....	1084
<i>Cladiscothallus Wardi</i>	1084
Cannel de Hunnewell (Kentucky).....	1086
Cannel de Georges Branch (Kentucky).....	1086
Cannel Magoffin Co (Kentucky).....	1087
Cannel Caney Creeck (Kentucky).....	1088
Cannel Blackwater Creeck (Kentucky).....	1088
Cannel de Buena Vista (Kentucky).....	1089
Boghead Little Laurel Creeck (Kentucky).....	1090
Classification des cannels américains.....	1091
Couche bâtarde de Rive-de-Gier	1092
<i>Cannel de Commentry</i> (puits Forêt).....	1093
Composition chimique de quelques cannels.....	1095

Conclusions.....	1098
HOUILLE. Considérations générales.....	1100
Cailloux de houille.....	1106
Deux phases dans la formation de la houille.....	1109
Houille de la Zsily (Transylvanie).....	1111
Houille de la Bouble (Puy-de-Dôme).....	1113
Houille de Decazeville (Aveyron).....	1115
Etude de quelques bois houillifiés	1119
<i>Micrococcus Carbo</i> Var. A.....	1124
<i>Bacillus Carbo</i> . Var. B, Var. C.....	1125
<i>Bacillus collétus</i> (<i>Cladothryx anthracis</i>).....	1125
<i>Cladothryx Martyi</i>	1126
<i>Bacterium</i>	1130
<i>Bacillus Carbo</i> Var. A.....	1130
<i>Micrococcus Carbo</i> Var. A.....	1131
<i>Micrococcus Carbo</i> Var. B.....	1131
Structure d'un bois houillifié de <i>Calamodendron</i>	1133
Structure d'une portion d'écorce de <i>Sigillaire</i>	1135
Microcoques dans la houille des vaisseaux ligneux.....	1137
Champignons dans les bois houillifiés.....	1141
<i>Hyphomyces stephanensis</i>	1141
Contraction produite par la houillification.....	1143
Formule approchée représentant les réactions chimiques pouvant amener la houillification.....	1147
Composition de quelques houilles.....	1149
Composition de la houille de plantes déterminées avant l'analyse.....	1150
Analyses de quelques anthracites.....	1150
Tableau de diverses houilles rangées suivant leur degré de houillification.....	1151
Conclusions.....	1156



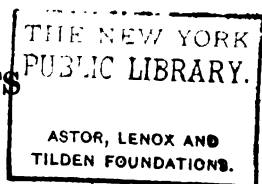
FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE

	Pages
FIG. 1. Tourbière de Louradou.....	889
FIG. 2. Coupe de la tourbière....	889
FIG. 3. <i>Cladothryx Martyi</i>	895
FIG. 4. <i>Cladothryx Martyi</i>	896
FIG. 5. <i>Cladothryx Martyi</i>	897
FIG. 6. <i>Cladothryx Martyi</i>	898
FIG. 7. Cuticules de Tovarkowo.....	960
FIG. 8. Cuticules de Tovarkowo.....	962
FIG. 9. Cuticules de Tovarkowo.....	964
FIG. 10. Cuticules de Tovarkowo.....	965
FIG. 11. Cuticules de Tovarkowo.....	966
FIG. 12. <i>Pila bibractensis</i>	1000
FIG. 13. <i>Pila bibractensis</i>	1001
FIG. 14. <i>Pila bibractensis</i>	1002
FIG. 15. <i>Pila bibractensis</i>	1004
FIG. 16. <i>Pila bibractensis</i>	1005
FIG. 17. <i>Pila bibractensis</i>	1006
FIG. 18. <i>Reinschia australis</i>	1011
FIG. 19. <i>Reinschia australis</i>	1013
FIG. 20. <i>Cladiscothallus Keppeni</i>	1040
FIG. 21. <i>Cladiscothallus Keppeni</i>	1041
FIG. 22. <i>Pila scotica</i>	1061
FIG. 23. Macrospore de Lycopodinée.....	1062
FIG. 24. <i>Anthracomycetes cannellensis</i>	1066
FIG. 25. Sporangies de Fougères marattioides.....	1079
FIG. 26. Cannel de Commeny.....	1094
FIG. 26 bis. Bois houillifié d' <i>Arthropitus</i>	1121
FIG. 27. Bacilles et Microcoques dans la houille d' <i>Arthropitus</i>	1124
FIG. 28. <i>Bacillus collétus</i> (<i>Cladothryx anthracis</i>) dans de la houille d' <i>Arthropitus</i>	1126
FIG. 28. Chainettes de <i>Bacillus collétus</i> (<i>Cladothryx anthracis</i>) dans de la houille d' <i>Arthropitus</i>	1127
FIG. 29. <i>Cladothryx Martyi</i> dans du bois d'Aulne de tourbière.....	1128

FIG. 30. <i>Cladothryx Martyi</i> jeune.....	1129
FIG. 31. Coupe transversale de <i>Calamodendron</i> de Commentry.....	1133
FIG. 32. Coupe transversale du liège d'une écorce de Sigillaire	1136
FIG. 33. Coupe d'un bois houillifié montrant de nombreux Microcoques.....	1139
FIG. 34. Bois houillifié renfermant des myceliums d' <i>Hyphomycetes Stephanensis</i>	1142



ACTES ADMINISTRATIFS

**EXTRAITS DES PROCÈS-VERBAUX****DES SÉANCES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION**

Séance du 18 juillet 1899.

Sont présents : MM. Tauzin, président ; Baretta, Crozet, Grand'Eury, Harmet, Leseure, Michalowski, Murgue, Petit, du Rousset et Voisin.

S'excusent : MM. Babu, Biéatrix, Brustlein, Charvet, Friedel et Villiers.

Sont présentés et admis membres de la Société : MM. Janssens de Burges, Delcroix Léon, Journolleau, La Chesnais et Jourdan.

Le Conseil s'occupe de la composition du *Bulletin*. La 3^e livraison de 1899 pourra comprendre :

1^o La deuxième partie de l'étude de M. Pasquet sur l'exploitation dans le bassin houiller de la Loire ;

2^o Une notice de M. Delas sur les lignites du Sarladais ;

3^o Une note de M. Simon A. sur le prolongement du bassin houiller au Sud de la Concession de Liévin ;

4^o Une note de M. Laponche sur une conduite d'eau établie à La Praz ;

5^o Une note de M. de Rey-Pailhade sur l'application rationnelle du système décimal aux mesures du temps et des angles ;

6^o Une traduction faite par M. Seigle d'une note relative à la dissolution du carbone dans le fer.

La 4^e livraison pourra être alimentée par un travail important de M. Renault sur la constitution intime de la houille.

M. le Président fait connaître les questions que le Comité d'organisation se propose de mettre à l'ordre du jour du Congrès international des Mines et de la Métallurgie. Ce sont :

1^o Pour les Mines :

Emploi des explosifs ;

Emploi de l'électricité ;

Exploitation des mines à grande profondeur ;
Des moyens de réduire la main-d'œuvre dans les mines.

2^o Pour la Métallurgie :

Progrès de la Métallurgie du fer et de l'acier ;

Métallurgie de l'or ;

Emploi de l'électricité au point de vue mécanique et chimique ;

Les progrès récents accomplis dans la préparation mécanique des minerais.

Séance du 28 novembre.

Sont présents : MM. Tauzin, président ; Babu, Baretta, Biétri, Charvet, Evrard, Friedel, Grand'Eury, Hugot, Leseure, Michalowski, Murgue, Petit, Du Rousset, Villiers et Voisin.

S'excuse M. Brustlein.

Sont présentés et reçus membres de la Société MM : Riboud Joseph, Moreau, Morchoine.

Le Conseil décide, à l'occasion de l'Exposition universelle, l'achat d'une bibliothèque destinée à renfermer les publications de la Société ; il approuve ensuite les dépenses nécessitées par l'installation de la Société dans le nouveau local mis à sa disposition à l'Ecole des mines.

Le secrétariat général fera paraître des annonces dans le *Bulletin* et les *Comptes rendus* à partir du 1^{er} janvier 1900.

L'emploi de secrétaire-rédacteur est supprimé.

Le Secrétaire du Conseil,

P. PETIT.

LISTE

DES

PUBLICATIONS REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

1° Publications périodiques.

- Annales du Conservatoire des Arts et Métiers.
 Annales des Mines, 7^e, 8^e, 9^e et 10^e livraisons 1899.
 Annales des Ponts et Chaussées (1^{re} partie) 2^e et 3^e trimestres 1899,
 — (2^e partie) juillet, août, septembre, octobre et novembre 1899.
 Annales des Mines de Belgique, tome IV, 4^e livraison.
 Annales de la Société d'Agriculture du département de la Loire,
 2^e et 3^e livraisons 1899.
 Association amicale des Anciens Elèves de l'Ecole nationale supérieure des Mines, numéros de juillet, août, septembre-octobre.
 Association française pour l'avancement des Sciences.
 Bulletin du Comité des Forges de France, de 1486 à 1533.
 Bulletin du Comité des Houillères de France, de 1747 à 1829.
 Bulletin de la Société d'Encouragement, numéros de juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre 1899.
 Bulletin de la Société Belge de Géologie.
 Bulletin de la Société Géologique de France, 1 numéro.
 Bulletin technologique de la Société des Anciens Elèves des Ecoles nationales d'Arts et Métiers, septembre, octobre, novembre et décembre 1899.
 Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, août, septembre, octobre, novembre et décembre 1899.
 Bulletin de l'Office du travail, août, septembre, octobre, novembre, et décembre 1899.
 Bulletin de l'Union des Charbonnages de la province de Liège.
 Bulletin de la Société Industrielle du Nord de la France.
 Echo des Mines et de la Métallurgie, 18 numéros.
 Journal des mines de Russie, 5 numéros.
 Jurisprudence de Dalloz, 11, 12, 13-14, 15-16, 17, 18, 19, 20 et 21^e cahiers de 1899.
 L'Aluminium, 5 numéros.
 La Nature, 23 numéros.

Le Génie Civil, 23 numéros.

Mémoires publiés par la Société des Ingénieurs civils, juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre 1899.

Publications de la Société des Ingénieurs du Hainaut, tome VIII.

Revue de la Législation des Mines, numéros juillet, août, septembre-octobre, novembre-décembre 1899.

Revue universelle des Mines et de la Métallurgie, août, septembre-octobre, novembre et décembre 1899.

Résumé des séances de la Société des Ingénieurs civils, 20 octobre, 10 et 17 novembre, 1^{er} et 15 décembre, table des matières.

Société Géologique du Nord, 4^e livraison 1898 et 1^{re} livraison 1899.

Société d'Histoire naturelle d'Autun.

Annals of the New-York Academy of sciences, volume XII, part. I. Bergens museums aarbog.

Boletín de Minas industria y construcciones.

Boletín de la Sociedad nacional de Minería.

Bulletin of the Geological institution of the university of Upsala. vol. IV, part. 1, n° 7.

Giornale del Genio civile, 3 numéros.

Home Office.

Jahrbuch der K. K. Bergakademien zu Leoben und Příbram, 3 numéros.

Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichsanstalt, 1 numéro.

Jern-Kontorets Annaler, 3 numéros.

Journal of the Iron and Steel Institute, n° II de 1899.

Journal and proceedings of the Royal Society of New South Wales, vol. XXXII.

Memoirs and proceedings of the Manchester literary et philosophical society.

Minutes of proceedings of the Institution of civil Engineers, volumes 137 et 138.

North of England Institute of Mining and mechanical Engineers.

Proceedings of the South Wales Institute of Engineers.

Records of the geological survey, vol. XXI, n° 6.

Revista minera, 24 numéros.

Smithsonian report, U. S. seventeenth annual report.

Stahl und Eisen, 5 numéros.

Transactions of the American Institute of Mining Engineers, vol. XXVIII.

Transactions of the north of England institute of mining and mechanical engineers.

Transactions of the New-York Academy of sciences.

The Colliery Guardian, 23 numéros.

The Engineering and mining Journal, 23 numéros.

The Proceedings and transactions of the Nova Scotian Institute of science, Halifax, Nova Scotia.

United-States geological survey.

United States Department of agriculture, vol. X, n° 12, volume XI, nos 2 et 4.

Verhandlungen der K. K. geologischen Reichsanstalt, 5 numéros.

Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 1 numéro.

Zeitschrift für praktische Geologie, 3 numéros.

Zeitschrift für das Berg-Hütten U. Salinen-Wesen, 3 numéros.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 23 numéros.

2° Dons faits à la Société.

Exploitation des mines, par Colomer.

Notes et formules de l'Ingénieur, donné par Bernard, éd.

Emploi des explosifs dans les mines de houille de Belgique, par MM. Watteyne et Denoël.

De l'emploi des garnissages magnésiens dans les convertisseurs Bessemer. Extrait du journal « La Métallurgie ».

Etude sur divers gaz combustibles, par M. Lencauchez.

Etude sur le mouvement des fluides, par M. Lencauchez.

Note sur les gisements de minerais de fer des presqu'îles de Kertch et de Termun (Russie), par M. Bayarj.

Précis analytique des travaux de l'académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen, avec un complément.

Journal « Le Mexique », 13 numéros.

The engineering magazine, 2 numéros.

Annual report of the Department of mines and agriculture 1898.

Mines and quarries : Général report and statistics, for 1898.

SUPPLÉMENT

A LA LISTE DES MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ

AU 15 FÉVRIER 1900

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY.ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

CHANGEMENTS D'ADRESSE

- Allemand** (G.), directeur des mines de la Croix-aux-Mines, à Laveline devant Saint-Dié (Vosges).
- Arsaud** (VITAL), directeur des Houillères de la Compagnie des mines de Rive-de-Gier, à Grand-Croix (Loire).
- Bague**, directeur des charbonnages de la Société de Makeevka (Russie Méridionale).
- Baraige**, directeur de la fonderie d'antimoine de Langeac, à Langeac (Haute-Loire).
- Bardon**, ingénieur, rue Espérandieu, 19, Marseille.
- Baudot** (PHILIBERT), ingénieur divisionnaire à la Compagnie des mines de Roche-la-Molière et Firminy, à Roche-la-Molière (Loire).
- Beauverle** (E.), ingénieur de la Société métallurgique et minière de l'Indo-Chine, à Hanoï (Tonkin).
- Bonjour**, sous-directeur de la Maison de charbons Limousin et Descours, cours du Midi, Lyon.
- Bonnet** (FRANÇOIS), ingénieur, directeur des usines de la Compagnie générale des asphaltes de France, à Pymont-Seyssel (Ain).
- Bonnet** (GAËTAN), ingénieur civil, 74, rue des Boulets, Paris.
- Brard** (FÉLIX), ingénieur civil, 20, boulevard de Strasbourg (Paris).
- Brice**, ingénieur civil des mines, à Lafrancheville (Ardennes).
- Buisson** (CLAUDE), ingénieur civil, 3, cours Fauriel, Saint-Etienne.
- Castellan** (F.), ingénieur civil des mines, 52, quai de Billy, Paris.
- Catelin** (de) (JULES), ingénieur conseil, 61, rue de Chaillot, à Paris.
- Corin** (FRANÇOIS), à Sclaigneaux, par Namur (Belgique).
- Coste** (LOUIS), ingénieur civil des mines, Anéran-Camors, par Bordères Souron (Hautes-Pyrénées).
- Couchoud** (ANTONIN), ingénieur, maître de fonderies, 39, rue du Cirque, à Vienne (Isère).
- Cuchet** (V.), ingénieur aux mines de Montchanin (Saône-et-Loire).
- Cuvelotte**, ingénieur au Corps des Mines, à Arras (Pas-de-Calais).
- Dardalhon** (G.), maître mineur, à Laval, par la Grand'Combe (Gard).
- Darodes** (GEORGES), directeur de la Compagnie des mines de la Grand'Combe, Grand'Combe La Levade (Gard).
- Darphin**, ingénieur en chef des travaux du jour aux mines d'Anzin, à Anzin (Nord).

- Defaix (J.)**, ingénieur civil des mines, 32, rue du Colombier, à Voiron (Isère).
- Degaugues (ARTHUR)**, directeur-gérant de la Société des ardoisières de la Renaissance, à Fumay (Ardennes).
- Dégoutin**, administrateur délégué de la Société d'entreprises électriques, 9, rue Soufflot (Paris).
- Demenge (EMILE)**, administrateur de la Compagnie française des métaux, 89, avenue de Villiers, Paris.
- Desportes (J.)**, ingénieur de la Société des mines de Bou-Jaber, à Morsot (poste restante), département de Constantine (Algérie).
- Deulla**, directeur des charbonnages, mines et usines de Gossoudarief-Baïrak, près Gorlowka (Donetz) Russie.
- Duclos (P.)**, ingénieur à Tchong-King, province de Se-Tchouen (Chine).
- Du Puy (CH.)**, ingénieur civil des mines, 6, rue des Jardins, Saint-Etienne.
- Faible (ANTONIN)**, ingénieur civil des mines, à Cluny (Saône-et-Loire).
- Fontaine (ARTHUR)**, ingénieur en chef des mines, directeur de l'office du travail au ministère du Commerce et de l'Industrie, 64, rue des Mathurins (Paris).
- Francelieu (de) (HENRI)**, ingénieur, administrateur délégué de la Société anonyme des mines métalliques de Tolosa, calle San Francisco, 13, Tolosa, Guipuscoa (Espagne).
- Frayse (L.)**, ingénieur, domaine de Calvance, par Saint-Cyprien, canton de Conques (Aveyron).
- Gasc (P.)**, ingénieur à Szczakowa, Galicie (Autriche).
- Hinstin**, directeur-gérant de la Société générale de fumivorité, 23, rue de Turin (Paris).
- Humblot (F.)**, ingénieur, directeur du service central des mines de Carmaux, 11, rue Michel-Ange (Paris).
- Journolleau (LOUIS)**, ingénieur des Arts de Manufactures, 18, Piatnitskaïa, 27, à Moscou (Russie).
- KuhnMünch**, inspecteur des mines, à Krügersdorp (Transvaal).
- Lagoutte**, ingénieur aux mines de Blanzy, à Montceau-les-Mines (Saône-et-Loire).
- Largillier (HENRI)**, chef de service à la Société des Pyrites d'Huelva, à Valdelamusa, province d'Huelva (Espagne).
- Lasserre**, ingénieur civil des mines, 14, rue Gambetta (Saint-Etienne).
- Lemonnier (PAUL)**, ingénieur civil des mines, représentant de la Société des Aciéries de Longwy, 80, rue Taitbout (Pavillon n° 6, Paris).
- Lodin**, ingénieur en chef des mines, 16, rue Desbordes-Valmore (Paris).
- Mathet (F.)**, ingénieur civil des mines, 6, rue Michel-Ange (Paris).
- Mignot (ANDRÉ)**, ingénieur en chef de l'usine Javel (Société des Aciéries de France), villa Montmorency, 4, avenue des Tilleuls (Paris).
- Nougarede**, ingénieur civil des mines, à Villeneuve-de-Berg (Ardèche).
- Pasquet**, ingénieur divisionnaire aux mines de Firminy (Loire).
- Peyre (MATHIAS)**, ingénieur, route de Bagnols, à Alais (Gard).

- Piron**, ingénieur de la Société de Penarroja, à San Quintin, par Puertollano, Ciudad Real (Espagne).
- Portal**, ingénieur, entrepreneur à Saïgon (Indo-Chine).
- Potier (J.)**, ingénieur de la Société minière et métallurgique des Cévennes, à Flaviac (Ardèche).
- Frost**, ingénieur au Corps des Mines, directeur de la Compagnie des phosphates et du chemin de fer de Gafsa, 60, rue de la Victoire (Paris).
- Rodde**, ingénieur principal des mines de Montrambert et la Béraudière, près La Ricamarie (Loire).
- Redon (AUGUSTE)**, ingénieur en chef de la Compagnie Franco-Russe des Houillères de Bérestow, station Kanjenkovo, chemin de fer K. X. A.. (Russie Méridionale).
- Reymond (J.-B.)**, ingénieur civil, 12, place Fourneyron, Saint-Etienne.
- Salin (P.)**, ingénieur divisionnaire aux mines de Decize, à La Machine (Nièvre).

NOUVEAUX MEMBRES

- François (LÉON)**, directeur-gérant des charbonnages du Rieu-du-Cœur et de la Boule réunis, à Quaregnon (Belgique).
- Hawla (JEANS)**, 165, Strand, London W. C. (Angleterre).
- Hugot fils**, ancien élève de l'Ecole polytechnique, ingénieur adjoint à la direction des Aciéries et Forges de Firminy (Loire).
- Lacombe (HENRI)**, ingénieur des Arts et Manufactures, attaché à la maison Biérix, Leflaive, Nicolet et C^e, La Chaléassière, Saint-Etienne.
- Liechty**, ingénieur aux mines de Ronchamp (Haute-Saône).
- Maréchal**, ingénieur aux mines de Ronchamp (Haute-Saône).
- Morchoine**, ingénieur divisionnaire aux mines de la Loire, au Quartier-Gaillard.
- Moreau**, gérant de la Société de Montceau-Fontaine, à Montceau-sur-Sambre (Belgique).
- Riboud (JOSEPH)**, ingénieur de la maison Galland, à Chalon-sur-Saône.
- Teyssèdre**, ingénieur, directeur de la Société Teyssèdre et C^e, à Terrenoire (Loire).

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

TOME XIII — 1899

Géologie et exploitation des mines.

	PAGES
Etude sur le bassin houiller de la Loire. — 2 ^e partie : Exploitation des couches de moyenne puissance, par M. H. PASQUET, ingénieur aux mines de Roche-la- Molière et Firminy.....	605
Notice sur les lignites du Sarladais, par M. Jean DELAS, agent général des mines de Champagnac.....	717
Note sur le prolongement du bassin houiller au sud de la concession de Liévin, par M. A. SIMON, ingénieur principal aux mines de Liévin.....	777
Sur quelques microorganismes des combustibles fossiles, par M. B. RENAULT, lauréat de l'Institut, membre de l'Académie royale de Belgique.....	865

Métallurgie et Chimie métallurgique.

Traitement des quartz aurifères, par M. F. COIGNET, ingénieur civil (suite et fin).....	5
--	---

Constructions.

Nouvelles installations électriques des mines de Blanzay par M. GOICHOT, ingénieur.....	179
Note sur une conduite d'eau établie par la Société électro-métallurgique française à La Praz, près Modane, par M. A. LAPONCHE, ingénieur des Arts et Manufactures.....	793
Application rationnelle du système décimal aux mesures du temps et des angles, physique et mécanique, par M. J. de REY-PAILHADE, ingénieur.....	815

Divers.

Loi du 9 avril 1898 concernant les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail.....	205
Règlements et programmes de l'Ecole des mines de Saint-Etienne.....	301

Extraits des publications étrangères.

Etat actuel dans le Sud de la Russie de la fabrication de la fonte Spiegel et du ferro-manganèse, traduit du russe par M. PIERRONNE.....	535
Description des mines de charbon de la Société de Briansk, traduit du russe par M. PIERRONNE.....	548
Note à propos d'une communication de M. Jüptner von Jonstorff à l' « Iron and Steel Institute » relative à la dissolution du carbone dans le fer, par M. SEIGLE, ingénieur à Montluçon.....	839

Documents administratifs.

Liste générale des Membres de la Société.....	239
Liste des membres de la Société par départements.. ...	279
Assemblée générale ordinaire du 21 mai 1899.....	567
— — — extraordinaire du 21 mai 1899.....	587
Extraits des procès-verbaux des séances du Conseil d'Administration	595, 1171
Liste des publications reçues par la Société.....	599, 1173
Suppléments à la liste des Membres de la Société...	603, 1177
Table générale des matières du tome XIII (3 ^e série) de 1899.....	1181



SOCIÉTÉ DE L'IMPRIMERIE THÉOLIER — J. THOMAS ET C.

INDEXED

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

PUBLIÉ

SOUS LA DIRECTION DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

TROISIÈME SÉRIE

TOME XIII

1^{re} LIVRAISON

1899

SAINT-ÉTIENNE

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATION

ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ POUR L'ANNÉE 1899

Président d'honneur :

M. Castel, inspecteur général des mines en retraite, à Paris.

Administrateurs honoraires :

M. Baure, ancien directeur des houillères de la C^e des Forges de Châtillon et Commentry, à Lyon.

M. Kuverte, ancien directeur des usines de Terrenoire, à Paris.

M. De Castelnaud, ingénieur en chef des mines, à Paris.

Président de la Société :

M. Tauzin (Mn), ingénieur en chef des mines, directeur de l'Ecole des mines de Saint-Etienne.

Conseil d'administration :

Vice-Présidents : MM. Devillaine (Mn), directeur honoraire et administrateur de la C^e des Houillères de Montrambert et la Béraudière.
Evrard (Maxim.) (Co), ingénieur, à Saint-Etienne.
Leseure (Mt), ingénieur en chef des mines, à Saint-Etienne.
Villiers (Mn), directeur de la Société des Houillères de Saint-Etienne.

Secrétaire général : M. Lebreton (Mn), ingénieur au Corps des mines, directeur-adjoint de l'Ecole des mines de Saint-Etienne.

Secrétaire : M. Petit (Mn), ingénieur en chef de la Société des Houillères de Saint-Etienne.

Trésorier-archiviste : M. Grand'Eury (Mn), professeur à l'Ecole des mines de Saint-Etienne.

Membres : MM. Babu (Mt), ingénieur au Corps des mines, professeur à l'Ecole des mines de Saint-Etienne.
Baretta (Mn), ancien directeur des mines de Beaubron, à Saint-Etienne.
Biérix (Co), gérant de la Société des Ateliers de la Chaléassière, à Saint-Etienne.
Brustlein (Mt), ingénieur-directeur des usines Jacob Holtzer et C^e, à Unieux.
Crozet (Emile) (Co), ingénieur-directeur des Ateliers de construction Fourneyron, au Chambon.
Harmet (Mt), ingénieur-directeur des Forges et Aciéries de Saint-Etienne.
Hugot (Mt), directeur des Forges et Aciéries de Firminy.
De Montgolfier (Mt), directeur de la Société des Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer, à Saint-Chamond.
Mortier (Co), ingénieur civil à Saint-Etienne.
Murgue (Mn), directeur de la C^e des mines de Montrambert et la Béraudière.
Du Roussel (Mn), directeur de la C^e des mines de la Loire, à Saint-Etienne.
Voisin (Mn), directeur des mines de Roche-la-Molière et Firminy.
Wéry (Mn), ingénieur-directeur des Houillères de la Chazotte.

Nota. — Conformément à l'article 19 du Règlement administratif, le Conseil, qui est présidé par le Président de la Société, est formé de 21 membres choisis autant que possible de manière que 10 représentent les mines, 5 la métallurgie, 3 la construction et 3 les industries diverses.

Les indices (Mn), (Mt), (Co) et (In) désignent, dans le tableau ci-dessus, les membres qui appartiennent à ces catégories spéciales.

EXTRAITS DES RÈGLEMENTS

DE LA

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

La *Société de l'Industrie minérale* a pour objet de concourir au progrès de l'Art des mines, de la Métallurgie et des Industries qui s'y rattachent.

Le nombre des membres est illimité. Les étrangers peuvent en faire partie comme les Français, ainsi que les Sociétés industrielles et commerciales.

Pour pouvoir être nommé membre, il faut être présenté au Conseil d'administration par deux Sociétaires.

Chaque membre s'engage à payer une cotisation d'au moins 25 fr. pour la France (y compris l'Algérie et la Corse) et pour l'Alsace-Lorraine, et d'au moins 30 fr. pour l'Etranger. A partir de 1879, elle est fixée à 30 fr. pour les membres résidant en France, et à 35 fr. pour l'étranger. La cotisation est exigible d'avance. La cotisation annuelle peut être remplacée par le paiement d'une somme de 400 fr. moyennant lequel le membre devient Sociétaire à vie, ou le paiement d'une somme de 1.000 fr. moyennant lequel il deviendra sociétaire à perpétuité.

Moyennant le paiement de la cotisation, les Sociétaires ont droit à l'envoi gratuit de toutes les publications de la Société.

La Société est divisée en Districts, et les procès-verbaux de leurs réunions sont résumés au siège de la Société en un *Compte-rendu mensuel*.

La publication principale de la Société est le Recueil trimestriel connu sous le nom de *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*.

Tout auteur d'un mémoire inséré au *Bulletin* pourra obtenir la remise gratuite de 20 exemplaires de son travail, pourvu qu'il en fasse la demande lors de l'envoi de son manuscrit.

Il pourra aussi en faire faire un tirage à part, mais à ses frais, à raison de 8 fr. le cent de planches, de 3 fr. 50 c. par feuille d'impression (16 pages) pour 50 exemplaires et au-dessous, de 6 fr. pour un nombre d'exemplaires de 50 à 100, et de 4 fr. 50 c. le cent pour un tirage supérieur à 100 exemplaires. Le changement de pagination et le brochage sont en sus de ces prix.

Le Conseil d'administration aura chaque année à sa disposition une somme d'au moins 500 fr. pour être distribuée, en médailles d'or, aux auteurs des meilleurs travaux publiés dans le *Bulletin* ou les *Comptes-rendus mensuels*.

L'Assemblée générale pourra, sur le rapport motivé du Conseil d'administration, décerner des médailles d'honneur pour les travaux et inventions jugés par elle dignes d'une récompense exceptionnelle.

Le *Bulletin* rend compte des ouvrages français et étrangers que leurs auteurs veulent bien faire tenir à la Société.

La Société accepte également l'échange avec les recueils et journaux scientifiques et technologiques.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
Sur quelques microorganismes des combustibles fossiles, par M. B. RENAULT, lauréat de l'Institut, membre de l'Académie royale de Belgique	865
Extraits des procès-verbaux des séances du Conseil d'adminis- tration.....	1171
Liste des publications reçues par la Société.....	1173
Supplément à la liste des Membres de la Société	1177
Table générale des matières du tome XIII (3 ^e série) de 1899	1181

A cette livraison est joint un atlas de 16 planches.



